

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ATABEY OVASI TOPRAKLARINDA FOSFOR FRAKSİYONLARININ  
TOPRAK ÖZELLİKLERİYLE İLİŞKİSİ**

**Hasan Hadi Mahdi MAHDI**

**Danışman  
Doç. Dr. Veli UYGUR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI  
ISPARTA – 2018**

©2018 [Hasan Hadi Mahdi MAHDI]

## TEZ ONAYI

**Hasan Hadi Mahdi MAHDI** tarafından hazırlanan "**Atabey Ovası Topraklarında Fosfor Fraksiyonlarının Toprak Özellikleri ile İlişkisi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

**Danışman**

**Doç. Dr. Veli UYGUR**  
Süleyman Demirel Üniversitesi



**Jüri Üyesi**

**Doç. Dr. Şule ORMAN**  
Akdeniz Üniversitesi



**Jüri Üyesi**

**Doç. Dr. Metin MÜJDECİ**  
Süleyman Demirel Üniversitesi



**Enstitü Müdürü**

**Prof. Dr. Yasin TUNCER**

YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAYI

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Hasan Hadi Mahdi MAHDI**



## İÇİNDEKİLER

|                                                                                              | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| İÇİNDEKİLER.....                                                                             | i     |
| ÖZET.....                                                                                    | iii   |
| ABSTRACT.....                                                                                | iv    |
| TEŞEKKÜR.....                                                                                | v     |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                         | vi    |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                                                       | vii   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                                                          | viii  |
| 1. GİRİŞ.....                                                                                | 1     |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ.....                                                                      | 5     |
| 3. MATERYAL VE METOT.....                                                                    | 13    |
| 3.1. Çalışma Alanının Tanımı.....                                                            | 13    |
| 3.2. Toprak Örneklerinin Alınması.....                                                       | 13    |
| 3.3. Tanımlayıcı Analizler.....                                                              | 13    |
| 3.4. Kademeli Ekstraksiyon ile Fosfor Fraksiyonlarının Belirlenmesi.....                     | 18    |
| I. Aşama (Labil-P fraksiyonu).....                                                           | 18    |
| II. Aşama (Fe-bağlı P fraksiyonu) CBD-P.....                                                 | 19    |
| III. Aşama (Ca-bağlı P fraksiyonu).....                                                      | 19    |
| IV. Aşama Bakiye-P fraksiyonu.....                                                           | 19    |
| 3.5. İstatistiksel Değerlendirmeler.....                                                     | 19    |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....                                                                  | 21    |
| 4.1. Toprak Özellikleri.....                                                                 | 21    |
| 4.2. Topraklarda Fosfor Fraksiyonları.....                                                   | 27    |
| 4.2.1. Topraklarının yarıyışlı fosfor fraksiyonları ( $\text{NaHCO}_3\text{-P}$ ).....       | 27    |
| 4.2.1.1. $\text{NaHCO}_3\text{-P}$ fraksiyonunu kantitatif miktarları.....                   | 27    |
| 4.2.1.2. $\text{NaHCO}_3\text{-P}$ fraksiyonunu oransal miktarları.....                      | 29    |
| 4.2.2. Toprakların $\text{NaOH-P}$ fraksiyonları.....                                        | 30    |
| 4.2.2.1. $\text{NaOH-P}$ fraksiyonları kantitatif miktarları.....                            | 30    |
| 4.2.2.2. $\text{NaOH-P}$ fraksiyonunu oransal miktarları.....                                | 31    |
| 4.2.3. Topraklarının demir oksitlerle ilişkili fosfor fraksiyonları (CBD-P).....             | 32    |
| 4.2.3.1. CBD-P fraksiyonunu kantitatif miktarları.....                                       | 32    |
| 4.2.3.2. CBD-P fraksiyonunu oransal miktarları.....                                          | 33    |
| 4.2.4. Topraklarının kalsiyumla ilişkili fraksiyonları (Ca-P).....                           | 33    |
| 4.2.4.1. Ca-P fraksiyonunu kantitatif miktarları.....                                        | 33    |
| 4.2.4.2. Ca-P fraksiyonunu oransal miktarları.....                                           | 34    |
| 4.2.5. Topraklarının rezidüel veya bakiye fosfor fraksiyonlar (Res-P).....                   | 34    |
| 4.2.5.1. Res-P fraksiyonları kantitatif miktarları.....                                      | 34    |
| 4.2.5.2. Res-P fraksiyonları oransal miktarları.....                                         | 35    |
| 4.2.6. Toprakların toplam fosfor fraksiyonu.....                                             | 36    |
| 4.3. Fosfor Fraksiyonlarının Toprak Özellikleri ile İlişkileri.....                          | 40    |
| 4.3.1. $\text{NaHCO}_3\text{-P}$ fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler..... | 40    |
| 4.3.2. $\text{NaOH-P}$ fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler.....           | 41    |
| 4.3.3. CBD-P fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler.....                     | 42    |
| 4.3.4. Ca-P fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler.....                      | 43    |
| 4.3.5. Res-P fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler.....                     | 44    |
| 4.3.6. Toplam-P fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler.....                  | 44    |

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4. Topraklardaki Kemometrik İlişkiler.....                                                                       | 48 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUCLAR.....                                                                                       | 55 |
| 5.1. Tartışma.....                                                                                                 | 55 |
| 5.1.1. NaHCO <sub>3</sub> -P fraksiyonu.....                                                                       | 55 |
| 5.1.2. NaOH-P fraksiyon.....                                                                                       | 57 |
| 5.1.3. CBD-P fraksiyon .....                                                                                       | 60 |
| 5.1.4. Ca-P fraksiyon.....                                                                                         | 61 |
| 5.1.5. Bakiye-P fraksiyonu.....                                                                                    | 62 |
| 5.1.6. Toplam-P fraksiyon.....                                                                                     | 63 |
| 5.2. Sonuçlar.....                                                                                                 | 64 |
| KAYNAKLAR.....                                                                                                     | 66 |
| EK A.1. Araştırma toprakların fiziko-kimyasal özellikler.....                                                      | 71 |
| EK A.2. Toprak örneklerinin kademeli ekstraksiyonun farklı aşamalarında<br>içerdiği Fosfor konsantrasyonları.....  | 76 |
| EK A.3. Toprak örneklerinin kademeli ekstraksiyonun farklı aşamalarında<br>içerdiği fosforun oransal dağılımı..... | 79 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                                                      | 82 |

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## ATABEY OVASI TOPRAKLARINDA FOSFOR FRAKSİYONLARININ TOPRAK ÖZELLİKLERİYLE İLİŞKİSİ

Hasan Hadi Mahdi MAHDI

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Veli UYGUR

Fosfor (P), birçok fizyolojik ve biyokimyasal süreçte önemli bir element olduğu için bilinen tüm canlılar için önemlidir. Bu çalışmada kullanılan Atabey Ovası toprakları yüksek tepelikler ve sırt araziler, koluviyal etekler, alüviyal yelpazeler, yaşlı dere yatakları, bajadalar, taban araziler ve genç dere yatakları gibi farklı fizyografik üniteler üzerinde oluşmuştur. Bu değişkenlik ovada 20 farklı toprak serisinin oluşmasına, arazilerin farklı kullanımına dolayısıyla fosforunun yayılsılığı ve jeokimyasal fraksiyonlarında değişime neden olmaktadır. Fosfor yayılsılığında ve jeokimyasal fraksiyonlardaki değişimin belirlenmesi için toplam 71 adet olmak üzere her serinin en az 3 farklı noktadan yüzey toprak örnekleri (0-20 cm) alınmıştır. Topraklarda tanımlayıcı fizikokimyasal analizler ve kademeli fosfor fraksiyonlaması yapılmıştır. Bu fraksiyonlar; sodyum bikarbonat [ $\text{NaHCO}_3\text{-P}$  (organik Po, inorganik Pi ve Total Pt)], sodyum hidroksit [ $\text{NaOH-P}$  (organik Po, inorganik Pi ve Total Pt)], sitrat bikarbonat dithionit (CBD-P), hidroklorik asit ile ekstrakte edilebilen (Ca-P) ve Rezidüel veya bakiye (Res-P) fosfor şeklindedir. Fosfor fraksiyonlarının toprak özellikleri ile olan ilişkileri varyans analizi, Pearson korrelasyon analizi ve kemometrik analizlerle ortaya konulmaya çalışmıştır. Ova topraklarında fraksiyonların ortalama dağılım sırası büyükten küçüğe doğru Ca-P (% 50.36) > Res-P (% 19.94) > CBD-P (% 12.17) > NaOH-Pt (% 6.94) > NaOH-Pi (% 6.24) >  $\text{NaHCO}_3\text{-Pt}$  (% 1.82) >  $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$  (% 1.57) > NaOH-Po (% 0.71) >  $\text{NaHCO}_3\text{-Po}$  (% 0.25) şeklinde izlenmiştir. Bu fraksiyonların oransal dağılımının arazi kullanım şekline göre değiştiği belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, Atabey Ovaları topraklarındaki eksiklik / toksisite mekanizmalarını anlamak için faydalı bir veri tabanı oluşturduğu düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fosfor (P), toprak özellikleri, Atabey ovası, gubreleme.

**2018, sayfa 82**

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **THE RELATIONS OF PHOSPHORUS FRACTIONS WITH SOIL PROPERTIES IN ATABEY PLAIN**

**Hasan Hadi Mahdi MAHDI**

**Suleyman Demirel University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Soil Science and Plant Nutrition**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Veli UYGUR**

Phosphorus (P) is essential to all known life forms because it is a key element in many physiological and biochemical processes. In this study, the soils of Atabey Plain have formed on different physiographic units such as high hills and slopes, colluvium, alluvium, old stream beds, bajadas, low lands and young stream beds. This variability causes the formation of 20 different soil series in the Plain, causing different uses of the land, thus resulting in the change in the availability and geochemical fractions of phosphorus. Surface soil samples (0-20 cm) were taken from at least 3 different points of each series, for a total of 71 samples for determination of phosphorus availability and change in geochemical fractions. Descriptive physicochemical analyzes and sequential phosphorus fractionation were performed in the soil. These fractions are; sodium bicarbonate [NaHCO<sub>3</sub>-P (organic Po, inorganic Pi and Total Pt)], sodium hydroxide [NaOH-P (organic Po, inorganic Pi and Total Pt)], citrate bicarbonate dithionite (CBD-P), hydrochloric acid (Ca-P), and residual (Res-P) phosphorus. Relations of phosphorus fractions with soil properties were revealed by analysis of variance, Pearson correlation analysis and chemometric analysis. The average distribution of fractions in the plain soils in descending order is: Ca-P (% 50.36) > Res-P (% 19.94) > CBD-P (% 12.17) > NaOH-Pt (% 6.94) > NaOH-Pi (% 6.24) > NaHCO<sub>3</sub>-Pt (% 1.82) > NaHCO<sub>3</sub>-Pi (% 1.57) > NaOH-Po (% 0.71) > NaHCO<sub>3</sub>-Po (% 0.25). It was determined that the fractal distribution of these fractions changed according to the land use pattern. The results of this study are thought to provide a useful database to understand the deficiencies / toxicity mechanisms in the Atabey Plain.

**Keywords:** Phosphorus (P), soil properties, Atabey plain, fertilization.

**2018, pages 82**

## **TEŞEKKÜR**

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Veli UYGUR'a teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar çalışmalarında bana yardımını esirgemeyen Arş Görevlisi Enise SÜKUŞU'na da en derin şükranlarımı sunarım.

4886-YL1-17 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni maddi ve manevi destekleri ile yalnız bırakmayan babam, annem, eşim, oğullarım ve kardeşlerim'e sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Hasan Hadi Mahdi MAHDI  
ISPARTA, 2018

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                       | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 4.1. Temel bileşenlere ait özdeğer grafiği..... | 49           |
| Şekil 4.2. PC1 ve PC2 nin dağılımı.....               | 54           |
| Şekil 5.1. Tarım topraklarında fosfor döngüsü.....    | 57           |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                  | Sayfa |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 3.1. Toprak örneklerinin alındığı noktaların koordinatları ve mevcut bitki örtüsü .....                                                  | 16    |
| Çizelge 4.1. Araştırma topraklarının rutin özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikleri (N:71) .....                                             | 26    |
| Çizelge 4.2. Fosfor fraksiyonlarına transformasyon uygulanmadığı durumdaki tanımlayıcı istatistikler (N:71) .....                                | 37    |
| Çizelge 4.3. Fraksiyonlara log transformasyon uygulandıktan sonraki tanımlayıcı istatistikler (N:71) .....                                       | 38    |
| Çizelge 4.4. Fosfor fraksiyonlarının oransal dağılımına ait tanımlayıcı istatistikler (N:71) .....                                               | 39    |
| Çizelge 4.5. Fosfor fraksiyonları ve bazı toprak özellikleri arasındaki Pearson korelasyon matrisi (N:71) .....                                  | 45    |
| Çizelge 4.6. Fosfor fraksiyonlarının yarıyışlı besin elementleri ile bazı oksit fraksiyonları arasındaki Pearson korelasyon matrisi (N:71) ..... | 46    |
| Çizelge 4.7. Fosfor fraksiyonları arasındaki Pearson korelasyon matrisi (N:71) .....                                                             | 47    |
| Çizelge 4.8. Temel bileşenlerle açıklanan varyansla .....                                                                                        | 50    |
| Çizelge 4.9. Temel bileşenlerle toprak özellikleri arasındaki korelasyon matrisi.....                                                            | 51    |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                    |                                                      |
|--------------------|------------------------------------------------------|
| NaHCO <sub>3</sub> | Sodyum bikarbonat                                    |
| NaOH               | Sodyum hidroksit                                     |
| CBD                | Sitrat bikarbonat dithionit                          |
| Ca-P               | 0.5 molar hidroklorikasit ile ekstrakte edilebilir P |
| Res-P              | Kral suyu ile ekstrakte edilebilir çözünemeyen P     |
| OM                 | Organik madde                                        |
| P                  | Fosfor                                               |
| P<0.05             | % 5 önemli seviyesi                                  |
| r                  | Korelasyon katsayısı                                 |
| HA                 | Hacim ağırlığı                                       |
| Pt                 | Toplam P                                             |
| Pi                 | İnorganik P                                          |
| Po                 | Organik P                                            |
| Min                | Minimum                                              |
| Maks               | Maksimum                                             |
| Ort                | Ortalama                                             |
| Cu                 | Bakır                                                |
| cmol               | Santi mol                                            |
| Na                 | Sodyum                                               |
| Tot-P              | Toplam P                                             |
| g                  | Gram                                                 |
| cm                 | Santimetre                                           |
| kg                 | Kilogram                                             |
| m                  | Metre                                                |
| °C                 | Santigrat derece                                     |
| KDK                | Katyon değişim kapasitesi                            |
| M                  | Mol/Litre                                            |
| mg                 | Miligram                                             |
| Mn                 | Mangan                                               |
| V/V                | Hacim esaslı oran                                    |
| Zn                 | Çinko                                                |

## 1. GİRİŞ

Topraklarda fosfor; organik fosfor ve inorganik fosfor olmak üzere iki ana grup altında toplanabilir. Bu iki grup altında toplanan fosfor bitkilerin fosfor gereksinimlerinin karşılanmasında önemli rol oynar.

Topraklarda bulunan inorganik fosfor: a) Kalsiyum içerenler b) Demir, alüminyum içerenler olmak üzere iki grup altında toplanabilirler. a) Kalsiyum içerenler inorganik fosfor bileşikleri: florapatit [ $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \text{CaF}_2$ ], karbonatapatit [ $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \text{CaCO}_3$ ], hidroksiapatit [ $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \text{Ca}(\text{OH})_2$ ], oksiapatit [ $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \text{CaO}$ ], trikalsiyum fosfat [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ], dikalsiyum fosfat ( $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve monokalsiyum fosfat [ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ]. Florapatitten monokalsiyum fosfata doğru gidildikçe bileşiklerin çözünürlüğü artar. Florapatit genellikle topraklarda fosforun kökenidir. Hidroksiapatit de topraklarda oldukça yaygın bir şekilde bulunur. Karbonatapatitin topraklarda ve özellikle kireçli topraklarda fazlaca bulunduğu kabul edilmiş ise de kimi çalışmalar aksi yönde bir düşüncenin doğmasına yol açmıştır. Bitki besleme yönünde en önemli bileşikler di ve monokalsiyum fosfat bileşikleridir. Topraklarda trikalsiyum fosfatın, [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ], bulunduğu hakkında ortaya konulan kanıtlar yeteri ölçüde tatmin edici değildir. Başlıca çözünebilir inorganik fosfor formları; primer ortofosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) ve sekonder ortofosfat ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) iyonlarıdır. Çoğunlukla araştırmacılar kalsiyum fosfatların çözünürlüğünün pH 7 ile 8 arasında olduğu zaman en düşük düzeyde bulunduğunu saptamışlardır. Ortamın pH'sı 7.0'nin altına düştüğü zaman ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) konsantrasyonu hızla artmakta ve pH 8.0'in üzerine çıktığı zaman alkaliliğin artması nedeniyle alkali karbonatların miktarı genellikle çoğalmaktadır. b) Demir ve alüminyum içeren inorganik fosfor bileşikleri: fosfat iyonları, kolaylıkla demir ve alüminyumla bileşik meydana getirir. Oluşan bileşiklerin özellikleri kristalleşmenin derecesine, yaşına ve metal hidroksit ve fosfat iyonlarının oranına bağlı olarak değişmektedir. İyi drene olan topraklarda demir ve alüminyum fosfatların başlıca kristal bileşiklerini büyük olasılıkla variskit-barranit-strengit grubu oluşturur. Variskitin formülü ( $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), strengitin formülü ( $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve barranit ise oran ne olursa olsun yukarıdaki iki bileşiğin karışımıdır. Çeltik topraklarında başat inorganik fosfor fraksiyonu

olarak belirlenen Ca-P fraksiyonunun toprakların  $\text{CaCO}_3$  içeriğindeki azalmaya bağlı olarak sürekli azaldığı saptanmıştır. Topraklar arasında olduğu gibi fosfor fraksiyonları arasındaki ayrımcılık genelde istatistiki yönden güvenilir düzeyde önemli bulunmuştur. Ca-P fraksiyonunun miktarca CB-P (karbonatlar tarafından tutulmuş fosfor), CBD-P (Demir oksitler ile hidroksi oksitler içerisinde oklüde olmuş fosfor) ve Al-P + Fe-P (Alüminyum ve demire bağlı oklüde olmamış fosfor) ve Bakiye-P fraksiyonları izlemiştir (Kacar ve Katkat, 2009).

Topraklarda bulunan organik fosfor, bileşiklerle ilgili çalışmalar göreceli olarak azdır. Organik fosfor bileşiklerinin olağanüstü karmaşık olması bu konudaki çalışmaların az olmasına neden olan etmenlerin başında gelmektedir. Bitkideki organik bileşiklere benzer şekilde topraklarda bulunan organik fosfor bileşiklerle üç grupta incelenebilir: İnositol fosfatlar (fitik asit veya İnositol hekzafosfatlar), nükleik asitler ve fosfolipidler'dir. Organik fosfor miktarı topraklarda birkaç mg ile  $0.5 \text{ g kg}^{-1}$  arasında değişebilmektedir. Organik fosfor, toplam P miktarının % 20'si ile % 80'i arasında değişim göstermektedir. Organik fosfor miktarı; toprağın fiziko-kimyasal özelliklerinin yanında iklim, bitki örtüsü, toprağın kullanım şekli, uygulanan kimyasal gübreler ve sulama gibi çok sayıda faktöre bağlı olarak değişebilmektedir (Kacar ve Katkat, 2009).

Fosfor toprakta kısa bir zamanda toprak parçacıklarının temas yüzeyleri ile reaksiyona girerek daha az çözünür ve daha az yarayırlı bileşikler haline dönüşür. Fosfat iyonları ayrıca ortamdaki Ca, Mg, Al ve Fe gibi elementlerle birleşerek çökelti oluşturmak suretiyle de yarayırsız hale geçer. Bitkilerce alınabilir haldeki yarayırsız forma dönüşmesi olayı "fosfor fiksasyonu" olarak tanımlanmaktadır. Başlıca fosfor fiksasyon çeşitleri: a) aktif haldeki Fe, Al, Mn gibi katyonlara çökelti oluşumu, b) Fe, Al ve Mn hidroksitler ile adsorpsiyon reaksiyonlarına girme, c) alümino-silikat killer tarafından fosforun adsorpsiyonu, d) Kireçli – alkalın topraklarda fosfor fiksasyonu ve e) biyolojik ve organik fosfor fiksasyonu şeklinde sıralanabilir. Toprakta fosforun fiksasyon reaksiyonları ve buna bağlı olarak oluşan çözünmez bileşikler toprak pH'sı, nem, sıcaklık, kil miktarı ve tipi, toprak organik maddesi, kireç miktarı ve aktivitesi,

oksit minerallerin bulunuşu ve çeşitliliği gibi faktörlere bağılı olarak önemli değişiklikler gösterir (Kacar ve Katkat, 2009; Karaman, 2012).

Fosfor noksanlığı gösteren topraklarda yetiştirilen bitki çeşit ve genotipleri genelde toprakta yana ve derine doğru uzanan saçak kök sistemine sahiptirler. Böyle bitkilerin kök sistemlerinde toprak parçacıkları ile yakın değinim sağlayan fazla miktarda ince kökler ve yoğun şekilde kök tüyleri oluşur. Kök salgılarının ve toprak parçacıkları ile yakın değinimin bir sonucu olarak fosfor, demir ve diğer besin elementleri mobilize edilir ve rizosferde bitkilere yararılı hale geçer (Kacar, 2013).

Dünyadaki fosforun kaynağı fosforlu kayalardır. Fosforlu gübreler ise fosforlu kayalardan, fosfor kapsayan demir filizlerinden, kemiklerden ve bazı değişik maddelerden elde edilir. Fosforlu gübrelerde fosfor genellikle fosfat şeklinde bulunur. Fosforlu gübrelerin bir kısmı suda çözünürken bir kısmı çözünmez. Gübredeki etkili fosfor oranı ise çoğunlukla yararılı (suda ya da sitratta çözünür) fosfor pentaoksit ( $P_2O_5$ ) cinsinden ifade edilir. Fosfatlı gübrelerin toprağı katılmasıyla fosfat iyonlarının büyük kısmı bitkiler tarafından alınabilir formdadır ancak kısa bir süre sonra toprakta çözünmesi zor bileşikler hâline dönüşürler. Geçirgenliği az olan topraklarda fosfat toprağıın derinliklerine inemez. Ancak kum, perlit ve pomza gibi geçirgenliği yüksek olan topraklarda fosfat kaybı olmaktadır. Öte yandan fosfor, toprakta hareketsiz olduğundan gübrenin bitki kök bölgesine yakın verilmesi gübrelemenin etkinliğini artırmaktadır. Fosforlu gübreler genelde banda uygulanır. Ancak pH'sı 5.5 – 6.5 olan ve ortadan yüksek düzeye değin fosfor içeren topraklarda fosforlu gübre toprak yüzeyine de uygulanabilir. Fosforlu gübreler şunlardır: a) Fosforik asit, b) Normal süperfosfat, c) Triple süperfosfat, d) Monoamonyum fosfat, e) Diamonyum fosfat ve f) fosfor içeren diğer kompoze gübreler (Kacar, 2013; Karaman, 2012).

Bu çalışması amacı: Topraklarda fosfor yararılılığı toprak oluşum süreci içerisinde toprağıın kazandığı özelliklere bağılı olarak önemli ölçüde değişim göstermektedir.

Diğer taraftan toprakların kullanım şekli ve uygulanan gübreleme programı kısa ve uzun vadede fosforun yayılgılığı ve jeokimyasal fraksiyonlarında önemli ölçüde değışimlere neden olmaktadır.

Daha önce Ovada çalışma yapılmamış olması ve ovadaki ekstrem durumlar nedeniyle fosforun gerek yayılgılığının gerekse çevresel risklerinin detaylı şekilde değıerlendirilebilmesi için bu çalışmada jeokimyasal fraksiyonların arazinin mevcut kullanım durumu ve toprak özellikleriyle olan ilişkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tisdale vd. (1985) topraklarda organik P kökeninin ağırlıklı olarak bitki ve kısmen hayvan dokularından oluştuğunu bildirmiştir. Organik fosfor çoğu doğal olarak oluşan, orto-fosforik asit ve çok sayıda mono ve diesterleri esterleri nden oluşmaktadır. Bu organik P ester bileşikleri beş sınıfları tanımlanmıştır: i) İnositol fosfatlar, ii) Fosfolipidler, iii) Nükleik asitler, iv) Nükleotidler ve v) Şeker fosfatlar.

Tandon (1987), Hindistan topraklarında P'nin farklı formlarının dağılımını incelemiş ve Ca-P'nin, çoğu nötür ile alkalın topraklarda toplam P'nin yaklaşık %40-50'sini oluşturduğu ve hatta kireçli topraklarda bu oranın %50' nin de üzerine çıktığının bildirmişlerdir. Bu topraklarda Alüminyum-P ve Fe-P toplam P'nin yüzde 10 kadarını oluşturmaktadır. Asit topraklarda Al-P ve Fe-P'deki artış, esasen indirgeyici çözünebilir ve oklüde-P formlarının baskınlığı nedeniyle, Ca-P'deki azalmadan daha az gerçekleştiği tespit edilmiştir. Gübreleme uygulamasının toprağın Al-P ve Fe-P fraksiyonlarını arttırdığı bulunmuştur.

Solis ve Torrent (1989), Güney İspanya'nın Guadalquivir Vadisi Nehri çevresinde Topraklardaki fosforun sitrat-bikarbonat-dithionit ile ekstrakte ettiği oklude fosfor fraksiyonunun CBD ile ekstrakte edilen Fe ile ve oklude P nin Fe-P minerallerinin kristal örgüsüyle ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Kireçli topraklar üzerinde yapılan birçok çalışma, P davranışının esas olarak az miktarda bulunan demir veya alüminyum oksitlerin varlığı ile kontrol edildiğini göstermiştir.

Patiram vd. (1990), Sikkem yöresi asit topraklarında P'nin farklı formları arasında Fe-P'nin hakim olduğunu bulmuşlardır; Al-P veya Ca-P'nin yaklaşık 1.5 katı olmakla birlikte, Al-P ve Ca-P'nin fraksiyonlarının önemli miktarda değişmediğini bulmuşlardır. Ayrıca bakiye P'nin toplam ve organik P ile yüksek oranda ilişkili olduğunu fakat diğer inorganik P formlarıyla negatif ilişkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Lyons vd. (1998), nehir topraklarındaki inorganik P tutma kapasitelerinin drenaja göre değiştiğini bulmuşlardır. Yetersiz drenaj yapılmış ve az drenajlı topraklar, drenaj edilen toprakların çoğundan daha fazla P adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Samadi ve Gilkes (1998), Batı Avustralya'daki bakir ve gübrelenmiş kireçli topraklarda Al-P ve Fe-P'nin, P'nin en önemli formları arasında olduğunu göstermiştir.

Akinremi vd. (1991), katyon değişim reaksiyonlarının  $\text{CaCO}_3$  ile tamponlanmış iyon değiştirici sisteminde fosfat iyonlarının taşınımı ve tutulmasını incelemişlerdir.  $\text{CaCO}_3$  ve kum karışımı ve  $\text{CaCO}_3$ , kum ve  $\text{Ca}^{+2}$  ile doyurulmuş iyon değiştirici içeren kolonların üzerine 0.2 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ilave edilmiştir. Değişebilir Ca iyonunun fosfatın çökmesinde  $\text{CaCO}_3$  ten daha etkin olduğu ancak  $\text{CaCO}_3$ ' ün toprak oluşum sürecinde çözeltideki ve değişim yüzeylerindeki Ca iyonlarının tamponlanmasındaki rolünün göz ardı edilmemesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Daniels vd. (2001), toprak fosforu (P), bitkiler tarafından gerekli görülen nispeten yüksek miktarda P nedeniyle makro besin maddesi olarak sınıflandırılan temel bir elementtir. Fosfor temelli besin yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde gittikçe önem kazanan bir husustur.

Brady ve Weil (2002), toprak verimliliğindeki fosfor sorununun üç bölümden oluştuğunu bildirmişlerdir. Birincisi, toprakların toplam fosfor seviyesi genellikle azotun  $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{10}$  ve potasyumun  $\frac{1}{20}$  kadarı olup düşüktür. Toprakların fosfor içeriği, 1 ha toprakta üst 15 cm'de 200 ile 2000 kg P  $\text{da}^{-1}$  aralığındadır ve topraklar ortalama 1000 kg civarında fosfor içerir. İkincisi, topraklarda yaygın olarak bulunan fosforlu bileşikler çoğunlukla çözünmez olduklarından bitki alımına uygun değildir. Üçüncüsü, gübreler ve gübrelerdeki gibi çözünür fosfor kaynakları topraklara eklendiğinde, bunlar fikse edilir ve zamana göre çözünürlüğü düşük bileşikler oluştururlar.

Braschi vd. (2003), topraktaki organik maddenin (OM), P-çözülmezliği ( $K_{obs}$ ) üzerine toprak su içeriğinin bir fonksiyonu olarak etkisini göz önüne alarak kireçli topraklara yapılan P gübrelemesi sonrasında yarayışlı P miktarındaki değişimleri incelemişlerdir. Kireçli toprakla dolu kolonların organik madde içeriği turba ekstraktı kullanılarak değiştirilmiş ve farklı miktarlarda yağmur simülasyonu uygulanmıştır. 102 günün sonunda 171 mm kümülatif yağış sonrası, yağış simülasyonu ve farklı sabit nem koşullarında Olsen-P azalma kinetik verileri gübreleme sonrasında topraktaki yarışlı fosfor azalmasında toprak neminin önemli olduğunu ve organik maddenin de fosforun çözünebilir fraksiyonda kalmasında etkin olduğunu tespit etmişlerdir. P-çözünmeme oranı ( $K_{obs}$ ), Ca-doymuş toprak > orijinal toprak > OM-zenginleştirilmiş toprak şeklinde sıralanmıştır.

Korkmaz (2005), Mısır genotiplerinin GAP kapsamındaki kireçli topraklarda fosfor kullanma yeteneklerini saksı denemesiyle incelemiştir. Lokal olarak yaygın kullanılan 10 mısır çeşidinin üç farklı toprak serisinde 5 farklı fosfor dozunda (0, 25, 50, 100 ve 200 mg kg<sup>-1</sup>) yetiştirmiştir. Ayrıca deneme topraklarının fosfor fraksiyonları, fosfor adsorpsiyon ve desorpsiyon özellikleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre topraklardaki total P'un sırasıyla Ca-P > CDB-P > CB-P > Al-P+Fe-P şeklinde dağılım gösterdiğini ve adsorpsiyon maksimumları 263-400 µg g<sup>-1</sup> arasında değişirken, adsorpsiyon enerjisi ile ilgili katsayı, k, 0.70 - 0.76 ml µg<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermiştir.

Samavati ve Hossinpur (2006), toprakta fosfor (P) formlarının belirlenmesinin toprak P durumunun değerlendirilmesindeki önemine atfen Hamedan ilinin 53 toprak örneğinde toprak organik ve inorganik P fraksiyonlarının miktarı ve dağılımı incelenmiştir. İnorganik P, 6 fraksiyona bölünerek incelenmiştir: dikalsiyum fosfat (Ca<sub>2</sub>-P), oktakalsiyum fosfat (Ca<sub>8</sub>-P), apatit (Ca<sub>10</sub>-P), Al oksitler tarafından tutulan P (Al-P), Fe oksitler tarafından adsorbe edilen P (Fe-P) ve oklüde-P (O-P). Bu sonuç, sözkonusu fraksiyonların bitki tarafından kullanılabileceğini işaret etmektedir.

Saltali vd. (2007), çayır (Gr), 5 yıllık ( $C_5$ ) ve 20 yıllık ( $C_{20}$ ) işlemeli tarıma dönüştürülmüş alanlarda toprak organik ve inorganik P fraksiyonlarındaki değişiklikler sıralı bir ekstraksiyon prosedürü kullanılarak değerlendirmişlerdir. Altı toprak P fraksiyonu ölçülmüştür: yarıyıllığı en yüksek P (su ile ekstrakte edilebilir P;  $H_2O-P$ ), yarıyıllı P ( $NaHCO_3$  ile ekstrakte edilebilir organik ve inorganik P;  $NaHCO_3-P_o$  ve  $NaHCO_3-P_i$ ), orta derecede yarıyıllı P ( $NaOH$  ile ekstrakte edilebilir organik ve inorganik P;  $NaOH-P_o$  ve  $NaOH-P_i$ ), az çözünen Ca'ya bağlı P ( $HCl$  ile ekstrakte edilebilir P;  $HCl-P$ ), En dirençli ve çözünmeyen P ( $Res-P$ ) ve P'nin tüm fraksiyonlardaki toplamı ( $P_t$ ). Sonuçlar, çayır alanlarının tarım alanına dönüştürülmesiyle organik ve inorganik P fraksiyonlarının önemli ölçüde azaldığını göstermiştir ( $H_2O-P$  ve Olsen-P hariç). Bu nedenle, meradan işlemeli tarım alanına dönüştürülen topraklarda P statüsünün ve dengesinin korunabilmesi için sürdürülebilir bir P yönetim sisteminin oluşturulmasının gerektiği vurgulanmıştır.

Halajnia vd. (2009), kireçli topraklarda toprak özelliklerinin, çiftlik gübresinin ve zamanın Olsen-P üzerin etkisini araştırmışlardır. Sekiz toprak örneği iki seviyede inorganik P ( $0$  ve  $300 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve çiftlik gübresi ( $\% 0$  ve  $\% 1$ , w/w) ile muamele edilmiştir. Olsen-P inkübasyondan 2, 5, 10, 30, 60, 90 ve 150 gün sonra belirlenmiştir.  $NaCl + NaOH-P$ , sitrat bikarbonat ( $CB-P$ ), sitrat bikarbonat ditionat ( $CBD-P$ ), asetik asit-sodyum asetat ( $OAc$ ) ve  $HCl$  ( $HCl-P$ ) P fraksiyonları 5, 30 ve 150. Günlerde belirlenmiştir. İnorganik gübreleme yapılmış topraklarda Olsen-P,  $NH_4OAc$  ekstrakte Al ve aktif  $CaCO_3$  ile pozitif bir ilişki göstermiştir.  $CBD-P$ 'nin miktarındaki artış, Fe oksitlerin ilk 30 gün içerisinde P sorpsiyonunda önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Fosfor fraksiyonlarının ve Olsen-P'nin oransal dağılımı  $HCl-P > OAc-P > Organic-P > CBD-P > Olsen-P > NaCl-NaOH-P$  sırasını izlemiştir.

Achat vd. (2010), toprak mikrobiyal biyokütlesinde  $21.6 \text{ kg ha}^{-1}$ 'a kadar P depoladığını rapor etmişlerdir. Toprağın mikro-biyokütlesi içerisindeki P, bitkiler tarafından direk olarak kullanılamasa da, mikrobiyal kütlelerin ayrışmasıyla yavaş yavaş toprak çözeltisine geçebilmektedir.

Rawajfih vd. (2010), kuru tarım altındaki Vertisol topraklarda fosforun jeokimyasal fraksiyonlarının (kalsiyum (Ca), demir (Fe) ve alüminyum (Al) inorganik P fraksiyonlarının yanı sıra, inorganik oklude olmuş P'nin fraksiyonları) profildeki değişimini incelemişlerdir. Toprakların kireçli doğası göz önüne alındığında Ca-P'nin baskınlığı beklenirdik olmakla birlikte, kurak iklim göz önüne alındığında organik P'nin nispeten yüksek oranlarda olması şaşırtıcı olarak değerlendirilmiştir.

Dieter vd. (2010), Panama Cumhuriyeti'nin Barro Colorado Adası'ndaki tropikal yağmur ormanlarını destekleyen beş topraktaki fosfor kimyasını değerlendirmek için Hedley ardışık fraksiyonasyon şemasını kullanmıştır. Araştırma toprakları farklı topğrafya ve anamateryal üzerinde benzer iklim ve bitki örtüsü koşullarında oluşmuş ve İnceptisols, Alifisol ve Oxisol ordolarında sınıflandırılmıştır. Labil/ hareketli P olarak değerlendirilen anyon değiştirme membranı ile ekstrakte edilen ve 0.5 M NaHCO<sub>3</sub> ile ekstrakte edilen inorganik ve organik fosforun oransal miktarı % 4.7 ile % 11.4' arasında değişim göstermiştir. Tropik yağmur ormanlarında toprak fosforu üzerinde arazinin jeolojisi ve topografyanın önemli bir kontrol mekanizması olduğu; bu durumunda bu ekosistemde bitki türlerinin dağılımında ve çeşitliliğinde etken olduğu değerlendirilmiştir.

Şahin vd. (2012), Köyceyiz gölü sahil sedimanlarından göle P salınım potansiyelini değerlendirebilmek için fosforun mevsimsel ve mekânsal değişimini 2011 ile Mart 2012 arasında iki ay aralıklarla incelemişlerdir. Sedimentlerde organik fosfor fraksiyonu (Org-P), kalsiyum fosfor fraksiyonu (Ca-P), demir + alüminyum fosfor fraksiyonu (Fe + Al-P) ve karbonat fosfor fraksiyonu (CO<sub>3</sub>-P) de dahil olmak üzere dört fraksiyon belirlenmiştir. Sedimentlerde P'nin Org-P (% 90.20) > Ca-P (% 9.06), Fe + Al-P (% 0.47) ve CO<sub>3</sub>-P (% 0.27) şeklinde bulunduğu tespit edilmiştir. Sedimentlerden kaynaklanan fosfor salınımının 6.65-75.9 µg m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> arasında; sedimentlerdeki toplam P nin ise kuru ağırlık esasına göre 980.4 - 1991 µg g<sup>-1</sup> DW arasında değiştiği bildirilmiştir.

Wang vd. (2014) biyo-kömür uygulamasının kumlu tekstüre sahip toprakta P salınımını ve toprak-bitki sisteminde biyo-kömür fosforunun döngüsünü incelemişlerdir. Çeşitli metotlar (bitki kullanarak, çözünür P ekstraksiyonu, reçine şeritleri aracılığıyla, sıralı P ekstraksiyonu yöntemleri) kullanarak ticari P gübresi [ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  (CaP) ve Sechura fosfat kaya (SPR)], çiftlik gübresinden elde edilmiş biyo-kömür ve 4 sıcaklıkta (250, 350, 450 ve 550 °C) Al uygulanmış biyokatıdan gelen P nin yayılabilirliğini ve transormasyonunu incelemişlerdir. Biyökömür uygulaması reçne ile ekstrakte edilebilen P ve inorganik NaOH ile ekstrakte edilebilen P yani bitkiye yayılabilir P miktarını artırmıştır. Fosfor salınımı  $\text{Ca-P} > \text{biyo-kömür} > \text{biyo-katı} > \text{SPR}$  şeklinde gerçekleşmiştir.

Yi-Chao vd. (2015) toprak işlemenin ve P gübrelemesinin kış boyunca topraktaki P fraksiyonları ve toprak özellikleri üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırma 1992'de Kanada'nın Quebec eyaletinde kurulan uzun vadeli bir mısır (*Zea mays* L.) ve soya fasulyesi (*Glycine max* L.) münavebe denemesi toprağında yapılmıştır. Toprak örnekleri 2001 ve 2007 sonbahar döneminde soya hasadından sonra mısır ekiminden önce 0-15 cm derinlikten alınmıştır. Topraklarda P fraksiyonları ve toprak özellikleri incelenmiş bu şekilde 2001-2002 ve 2007-2008 kış mevsimindeki değişimleri değerlendirilmiştir. Mehlich-3 metoduyla ekstrakte edilebilen Fe, Al, Ca ve Mg miktarları incelenen her iki dönem boyunca azalmıştır. Toprak işlemenin toprak P fraksiyonları üzerinde önemli bir etkisi tespit edilememiştir. 2001-2002 kış döneminde reçne ile ekstrakte edilebilen P ve her iki kış döneminde  $\text{NaHCO}_3$  ile ekstrakte edilebilir inorganik P ve NaOH ile ekstrakte edilebilen organik P, P gübrelemesiyle önemli ölçüde artmıştır.

Mehmood vd. (2015), farklı anamateryal üzerinde oluşan topraklar inorganik P fraksiyonlarını belirleyerek mısırın P alımı ile çeşitli P fraksiyonları arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Lös, alüvyon, şeyl kalıntısı ve kumtaşı kalıntıları üzerinde oluşan toprakların yüzey ve yüzey altı horizonları örneklenmiştir. Topraklarda P fraksiyonlarının biyo-yayılabilirliği  $\text{Ca}_2\text{-P} > \text{Org-P} > \text{Al-P} > \text{Fe-P} > \text{Ca}_8\text{-P} > \text{oklüde-P} > \text{apatit-P}$  sırasını takip eder. Dikalsiyum fosfatlar, adsorbe edilen P, alüminyum oksitler adsorbe edilmiş P ve organik P mısırın P

beslenmesini kontrol eden fraksiyonlardır. Olsen P ve oklüde- P, yalnız Olsen P'den mısırın fosfor alımının daha iyi tahmin edilmesini sağlamıştır.

Achat vd. (2016) fiziksel-kimyasal toprak özellikleri ile inorganik P'nin (katı-çözelti arayüzündeki fosfat iyonlarının dinamikleri) arasındaki ilişkilerin genelliğini ve bu ilişkilerin tahim kapasitesini değerlendirmişlerdir. Fransız kalıcı orman izleme ağını (ağ veri seti adı verilen farklı toprak özelliklerine sahip 102 orman toprağı) ve farklı ekosistem koşullarında yayınlanmış veri setleri (toplam 60 toprak ağırlıklı olarak ormanlar, otlaklar ve tarım alanları, derlenmiş veri seti) bu çalışmada kullanılmıştır. Tüm çalışmalarda inorganik P'nin miktarı izotop seyreltme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar, asidik ve asidik olmayan topraklarda fosfat iyonlarının dinamiklerinin kontrolünde alüminyum ve demir oksitlerin ve organik karbonun baskın rolünü ortaya koymuştur. Buna karşılık, toprak tekstürü, pH ve  $\text{CaCO}_3$ 'ün genel olarak etkisi yoktur veya sadece çok az etkisi vardır. İnorganik P'nin üzerindeki oksit ve organik karbonun kontrol etkisi, orman olmayan topraklarda bile, derleme veri seti ile teyit edilmiştir.

Alovisi vd. (2016), sera koşullarında kil tekstürlü toprakta P fraksiyonlarının dinamiğinde P ve Si gübre oranlarının etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırmada dört inorganik gübre dozu (0, 110, 330 ve 560 mg  $\text{dm}^{-3}$ ) ve üç Si dozu (0, 110, 330 ve 560 mg  $\text{dm}^{-3}$ ) kullanılmıştır. Sonuçlar inorganik P gübrelemesinin orta labil ve labil P fraksiyonları üzerine etkisinin yüksek olduğunu göstermiştir. Organik P fraksiyonları içinde  $\text{NaHCO}_3$ -Po fraksiyonu bitki beslemesine katkıda bulunan tek fraksiyon olduğu gözlenmiştir. Hedley ardışık fosfor fraksiyonlaması, fasulye yetiştiriciliği sonrasında topraktaki biriken P fraksiyonları hakkında bilgi vermiştir. En yüksek P miktarı sırasıyla dirençli/çözünmeyen P fraksiyonunda, orta labil ve labil P fraksiyonlarda belirlenmiştir.

Shukla vd. (2016), Orta Hindistan'ın Sidhi yöresindeki sulu ve kuru tarım yönetimi altındaki 20 farklı alanın toprak verimliliğini değerlendirmek için sıralı ekstraksiyon yöntemiyle P fraksiyonlarını belirlemişlerdir. Sonuçlar, fiziko-

kimyasal parametreler arasındaki biyojeokimyasal ilişkilerde değişiklikler olduğunu göstermiştir. Kuru tarım alanlarında, yüksek Si / Al ve düşük Fe / Al oranları, birincil silikatlardan düşük Fe kaybıyla nedeniyle zengin silikat içeriği gözlenmiştir. Fosforun oransal miktarları; Res-P > DNR-P > NaOH-Pi > HCl-Pi > HA-P > KCl-Pi şeklinde bulunmuştur. Farklı fraksiyonların toplamı asitle yakma sonucu analiz edilen toplam P miktarından  $\pm\%$  1.34 kadar bir sapma göstermiştir.

Opala (2017), kireçleme (0, 2, 10 ve 20 t ha<sup>-1</sup>) ve fosforlu gübrelemenin (0, 30, and 100 kg ha<sup>-1</sup>) interactive etkisinin asit toprakta sera denemesinde mısır yetiştirerek incelemiştir. Kireçleme yarayışlı P üzerinde herhangi bir etki oluşturmamış ancak P ilavesi yarayışlı P miktarını arttırmıştır. Kireçleme, P gübrelemesi ve P nin bitki boyu ve kuru madde üretimi üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Kireçleme yapılmadan 0-30 kg ha<sup>-1</sup> P gübrelemesi kuru madde üretimini arttırmış ancak 30-100 kg ha<sup>-1</sup> uygulamaları azaltmıştır. En yüksek kuru madde üretimi (13.8 g saksı<sup>-1</sup>) 30 kg ha<sup>-1</sup> P uygulamasıyla birlikte 2 t ha<sup>-1</sup> kireçleme uygulamasında elde edilmiştir.

Maranguit vd. (2017) Endonezya'da ileri derecede tecezziye uğramış tropik topraklarda arazi kullanımındaki değişikliğin toprak inorganik ve organik P fraksiyonları (Hedley sıralı fraksiyonlaması) üzerindeki etkilerini ve P stokları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Fosfor stoklarının tüm arazi kullanım türlerinde inorganik formlar (% 60 ila % 85) şeklinde bulunduğu tespit edilmiştir. Gübre uygulaması, yoğun kauçuk ve yağ palmiye ağaçlandırmalarında, kauçuk agroforest ile karşılaştırıldığında yarayışlı inorganik P'yi (H<sub>2</sub>O-Pi, NaHCO<sub>3</sub>-Pi) arttırmıştır. Bununla birlikte, kolayca-mevcut organik P (NaHCO<sub>3</sub> - ekstrakte Po), yağ palmiyesi ve kauçuk altına yarıya indirildi. Yarayışlı P fraksiyonları (H<sub>2</sub>O-Pi, NaHCO<sub>3</sub>-Pi ve Po) ve toplam organik P miktarı ile karbon içeriği arasında kuvvetli pozitif korelasyon gözlenmiştir. Bu durum toprak organik maddesinin (TOM) P yarayışlılığında önemli bir rol oynadığını şeklinde değerlendirilmiştir.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Çalışma Alanının Tanımı

Atabey ovası yüksek tepelikler ve sırt araziler, koluviyal etekler, alüviyal yelpazeler, yaşlı dere yatakları vb. oldukça farklı fizyografik üniteler üzerinde meydana gelmiştir. Ova toprakları genelde hafif alkalın-alkali arasında bir toprak pH'sına sahip Akdeniz ikliminin yayla tipi etkisinde meydana gelmiş topraklardır. Uzun yıllar yağış ortalaması 581.0 mm/yıl, ortalama sıcaklık 12 °C, buharlaşma 1221.9 mm/yıl, ortalama oransal nem % 61 dir.

#### 3.2. Toprak Örneklerinin Alınması

Atabey Ovasında yer alan 20 toprak serisinden kompozit yüzey örneği (0-20 cm) toplamda 71 adet farklı toprak örneği alınmıştır (Durgun, 2016). Toprak örneklerinin alındığı noktaların koordinatları ve mevcut bitki örtüsü Çizelge 3.1 de verilmiştir. Topraklar, hava-kuru durumuna geldikten sonra 2 mm den elenmiş hava-kuru toprak örneklerinden 3 tekerrürlü olarak 1 g alınmıştır ve aşağıda detayları belirtilen ekstraksiyon işlemleri sırasıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca topraklarda tanımlayıcı analizler aşağıda verilen yöntemlerle yapılmıştır.

#### 3.3. Tanımlayıcı Analizler

Toprakların özellikler olarak kullanılan yöntemlerle belirlenmiştir:

**Toprak tekstürü:** Kalgon ile toprak dağılmasından sonra, mekanik dağılım sağlanmış ve süspanse edilen toprak parçacıkları miktarı, hidrometre 40 saniye ve 2 saat okumak suretiyle boyunca suyun süspansiyonunda okunarak belirlenmiştir (Gee ve Bauder, 1986).

**Toprak reaksiyonu (pH):** pH, 1: 2.5 toprak su süspansiyonunda standart bir çözelti ile kalibre edilmiş cam elektrot pH metre ile belirlenmiştir (Mclean, 1982).

**Kireç (CaCO<sub>3</sub>):** Toprakların kireç eşdeğerleri karbonat minerallerinin %10 luk HCl (W/V) ile muamelesinden açığa çıkan CO<sub>2</sub>' nun volumetrik olarak Scheibler kalsimetresi ile ölçülmesi ile belirlenmiştir (Nelson, 1982).

**Aktif Kireç:** Topraklarda aktif kireç analizi Drouineau (1942) tarafından bildirildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. 1 g toprak örneği kesin normalitesi ayarlanmış 0.2 M'lık [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>] çözeltisinin 100 mL si ile 2 saat çalkalanmıştır. Süzülerek elde edilen çözeltiden 10 mL alınarak üzerine 75 mL saf su ve 25 mL seyreltik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilerek 60 °C'ye ısıtılmıştır. Daha sonra 0.1 molarlık KMnO<sub>4</sub> çözeltisi ile pembe renge kadar titre edilmiştir. Kontrol olarak 10 mL amonyum oksalat çözeltisi kullanılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki denklemden hesaplanmıştır.

$$CaCO_3(\%) = 50 \times 0.1 \times (A - B) \times \frac{250}{10} \times \frac{100}{2500} \times \frac{C}{0.1} = 50 \times C \times (A - B) \quad (3.1)$$

Denklemden; A ve B sırasıyla kör ve örnek için harcanan permanganat çözeltisinin hacmi, C ise çözeltinin kesin normalitesidir.

**Organik madde (OM):** modifiye edilmiş Wakley - Black yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982).

**Kasyon değişim kapasitesi (KDK):** Topraklar önce pH'sı 8.2'ye ayarlanmış molar Na-asetat ile doyurulmuş; daha sonra koloidal yüzeylerde tutulan Na, pH'sı 7'ye ayarlanmış molar NH<sub>4</sub>-asetat çözeltisiyle ekstrakte edilmiştir. Elde edilen süzüğün Na konsantrasyonu alev fotometresi ile belirlenmiştir (Rhoades, 1982).

**Yarayışlı Fosfor (P):** 0.5 M pH'sı 8.5 ayarlı NaHCO<sub>3</sub> çözeltisiyle (1:20, toprak: çözelti karışımı) ekstrakte edilmiş ve askorbik asit yöntemiyle renklendirilerek

882 nm dalga boyunda spektrofotometrede belirlenmiştir (Olsen ve Sommers, 1982).

**Elektriksel iletkenlik (EC):** 1:2.5 su karışımında elektriki iletkenlik değerleri EC metre ile belirlenmiştir (Demiralay, 1993).

**Ekstrakte edilebilir katyonlar:** Toprak örneklerinde değişim yüzeylerinde tutulmuş katyonlar (Ca, Mg, Na ve K), pH'sı 7.0'a ayarlanmış 0.5 molar amonyum asetat ile ekstrakte edilmiş ve elde edilen süzüğün katyon konsantrasyonları ICP –OES ile belirlenmiştir (Rhoades, 1982).

**Yarayışlı katyonik mikroelementler:** pH'sı 7.3'e ayarlanmış 0.005 M DTPA, 0.1 M TEA ve 0.01 M CaCl<sub>2</sub> (1:2, toprak: çözelti karışımı) ekstrakte edilen süzüklerde (Fe, Cu, Mn ve Zn) konsantrasyonları ICP–OES ile belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978).

**Toplam demir, mangan ve çinko:** kral suyu karışımıyla (3:1 HNO<sub>3</sub>:HCl karışımı, V/V) yaşı yakılarak ICP-OES (Perkin Elmer Optima 2100) ile belirlenmiştir (Hossner, 1996).

**Toprakların serbest Mn oksit miktarları:** Kireci giderilmiş 1 g toprak örneği 50 ml pH sı 3.5 e ayarlanmış 10 ml 0.1 M hidroksil amonyum klorit (NH<sub>3</sub>OHCl) eklenerek 30 dakika çalkalanmıştır. Santirfüjleme ve sonrasında mavibant filtre kâğıdından süzülerek sıvı faz ayrılmıştır. Daha sonra 25 ml NaCl ile yıkama yapılmış ve önceki süzük ile birleştirilip Mn konsantrasyonu belirlenmiştir (Shuman, 1985).

**Serbest Mn oksitlerin** belirlenmesinden kalan bakiye toprak örnekleri üzerine 10 mL 0.2 M'lık oksalat tamponu eklenerek 4 saat karanlıkta çalkalanmış sonrasında sıvı faz santfüjleme ve filtreleme ile ayrılmıştır. Daha sonra 25 mL 1 M'lık NaCl ile yıkama yapılmış ve elde edilen süzükler birleştirilerek Mn ve Fe konsantrasyonu ICP-OES de belirlenmiştir (Shuman, 1985).

Çizelge 3.1. Toprak örneklerinin alındığı noktaların koordinatları ve mevcut bitke örtüsü.

| Toprak No | Bitki Örtüsü |     | Seri      | POINT-X  | POINT-Y |
|-----------|--------------|-----|-----------|----------|---------|
| 1         | Kiraz        | SC1 | M4Ad1     | 292942.1 | 4193982 |
| 2         | Kiraz        | SC2 | M2Bd2     | 293007.6 | 4193801 |
| 3         | Mısır        | CR1 | M3Bd1     | 294960.8 | 4193873 |
| 4         | Kiraz        | SC3 | M1Bd2c2   | 295232.0 | 4193747 |
| 5         | Ceviz        | WN1 | G3Bd2     | 298660.8 | 4195132 |
| 6         | Kavak        | PO  | G2Bd1     | 299199.9 | 4195631 |
| 7         | Ayçiçeği     | SF  | G3Ad1     | 299153.6 | 4195790 |
| 8         | Kiraz        | SC4 | G2Cd3     | 299689.0 | 4196210 |
| 9         | Boş/nadas    | FA1 | A2Bd1     | 302591.0 | 4196382 |
| 10        | Şeftali      | PR1 | A1A1c3    | 302333.0 | 4196577 |
| 11        | Kiraz        | SC5 | A1Cd2c3   | 301403.3 | 4197632 |
| 12        | Şeftali      | PR2 | E3Ad1     | 302463.5 | 4196299 |
| 13        | Kiraz        | SC6 | E3Bd1     | 301967.4 | 4196195 |
| 14        | Elma         | AP1 | T2Bd1     | 296267.3 | 4194550 |
| 15        | Domates      | DO  | T2Bd2     | 297203.9 | 4195341 |
| 16        | Kiraz        | SC7 | T2Bd2     | 297275.3 | 4195349 |
| 17        | Şeftali      | PR3 | V4Aod1    | 295343.9 | 4194687 |
| 18        | Boş/nadas    | FA2 | U3Ad1     | 292415.4 | 4194064 |
| 19        | Buğday       | Wh1 | V4Aod1    | 292997.5 | 4195207 |
| 20        | Buğday       | Wh2 | B4Aod1    | 293435.4 | 4196055 |
| 21        | Buğday       | Wh3 | B4Ad1     | 293326.5 | 4196089 |
| 22        | Boş/nadas    | FA3 | B4Ad1c2   | 292472.9 | 4198315 |
| 23        | Elma         | AP2 | B3Ad1     | 291942.1 | 4198093 |
| 24        | Ceviz        | WN2 | I2Ad1     | 293490.7 | 4200502 |
| 25        | Boş/nadas    | FA4 | I1Ad1c1   | 294103.4 | 4199508 |
| 26        | Patlıcan     | AB  | I3Ad1     | 294105.0 | 4199171 |
| 27        | Elma         | AP3 | D4Aod1    | 296967.9 | 4198132 |
| 28        | Yerfıstığı   | GN  | D4Ad1     | 296814.4 | 4198466 |
| 29        | Kiraz        | SC8 | D4Ad1     | 296708.6 | 4198889 |
| 30        | Boş/nadas    | FA5 | P1D4t1e2  | 298703.5 | 4200074 |
| 31        | Erik         | PI4 | P4Ad1     | 298296.1 | 4199524 |
| 32        | Armut        | Pe1 | P2Ad1     | 298714.1 | 4199254 |
| 33        | Şeftali      | PR4 | P2Bd1     | 296271.4 | 4201993 |
| 34        | Boş/nadas    | FA6 | Y1Cd3c1e2 | 293671.8 | 4204006 |
| 35        | Boş/nadas    | FA7 | Y2Ad3     | 293798.8 | 4203892 |
| 36        | Boş/nadas    | FA8 | Y4Cd3t2e4 | 294412.6 | 4203802 |
| 37        | Kiraz        | SC9 | Y3Ad3     | 295261.9 | 4202585 |
| 38        | Erik         | PI5 | H3Ad1     | 294071.3 | 4202744 |
| 39        | Boş/nadas    | FA9 | S3Cd2e2   | 289383.5 | 4202649 |

Çizelge 3.1. Devam

|     |           |      |         |          |         |
|-----|-----------|------|---------|----------|---------|
| 40  | Boş/nadas | FA10 | S3Ad1   | 291586.2 | 4202728 |
| 41  | Armut     | Pe2  | S3Bd1   | 291589.5 | 4202821 |
| 42  | Orman     | PI1  | ÅA1     | 290514.3 | 4202378 |
| 43  | Orman     | PI2  | ÅA3     | 289887.2 | 4202806 |
| 44  | Orman     | PI3  | ÅA2     | 290752.4 | 4202195 |
| 45  | Kiraz     | SC10 | N1Bd1   | 291234.8 | 4200823 |
| 46  | Boş/nadas | FA11 | N3Bd2   | 290673.9 | 4200469 |
| 47  | Boş/nadas | FA12 | N4Ad1   | 291459.8 | 4200014 |
| 48  | Badem     | ALM  | Z1Ad2   | 293019.4 | 4201506 |
| 49  | Boş/nadas | FA13 | Z3Ad2   | 293011.4 | 4201173 |
| 50  | Boş/nadas | FA14 | Z1Ad2c1 | 293007.5 | 4200542 |
| 51  | Boş/nadas | FA15 | P2Bd2   | 291850.3 | 4198458 |
| 52  | Mısır     | CR2  | ÅA4     | 292040.8 | 4198414 |
| 53  | Boş/nadas | FA16 | O2Ad1   | 292087.7 | 4200381 |
| 54  | Buğday    | Wh4  | ÅA5     | 299375.0 | 4198776 |
| 55  | Bağ       | WY   | M1Ct3d3 | 294193.1 | 4192549 |
| 56  | Elma      | AP4  | K4Ad1   | 296797.1 | 4200988 |
| 57  | Kiraz     | SC11 | K3Ad1   | 297082.9 | 4200512 |
| 58  | Boş/nadas | FA17 | C4Aod1  | 298011.6 | 4197777 |
| 59  | Buğday    | Wh5  | C3Aod1  | 298130.6 | 4197761 |
| 60  | Elma      | AP5  | U3Ad1   | 292130.9 | 4195220 |
| 61  | Şeftali   | PR5  | U3Ad1   | 291600.7 | 4195658 |
| 62  | Kiraz     | SC12 | E3Ad1   | 300910.8 | 4196862 |
| 63  | Mısır     | CR3  | V4Aod1  | 296466.7 | 4195385 |
| 64  | Mısır     | CR4  | H2Ad2   | 294058.8 | 4202812 |
| 65  | Boş/nadas | FA18 | H2Ad2   | 293713.2 | 4202790 |
| 66  | Boş/nadas | FA19 | O2Ad1   | 292244.9 | 4200701 |
| 67  | Buğday    | Wh6  | O2Ad1   | 292356.0 | 4201093 |
| 68  | Şeftali   | PR6  | R2Bd1   | 299228.5 | 4198700 |
| 69  | Ceviz     | WN3  | R2Bd1   | 299765.6 | 4199026 |
| 70  | Kiraz     | SC13 | C3Aod1  | 300122.8 | 4198303 |
| 71* | Boş/nadas | FA20 |         |          |         |

\* Çiftlik arazisinden örnekleme yapılmıştır.

### **3.4. Kademeli Ekstraksiyon ile Fosfor Fraksiyonlarının Belirlenmesi**

2 mm den elenmiş hava-kuru toprak örneklerinden 3 tekerrürlü olarak 1 g alınıp aşağıda detayları belirtilen ekstraksiyon işlemleri sırasıyla gerçekleştirilmiştir. Kireçli topraklarda Kuo (1996) tarafından önerildiği şekilde farklı ekstraksiyon yöntemleri uygulanmıştır. Ancak kireçli topraklar için mobil fosforun daha detaylı incelenebilmesi için  $\text{NaHCO}_3$  aşaması ilave edilmiştir. Ayrıca Hedley fraksiyonlamasında olduğu gibi mobil fraksiyon içerisindeki organik ve inorganik fraksiyonlar ayrı ayrı analiz edilmiştir.

#### **I. Aşama (Labil-P fraksiyonu)**

**I.I.** Detayı Olsen vd. (1954) tarafından bildirildiği şekilde pH'sı 8,5'e ayarlanmış 0.5 M'lık  $\text{NaHCO}_3$  çözeltisiyle 1:20 oranında yapılan ekstraksiyon. Bu fraksiyon yarayıslı fosfor olarak bilinmektedir.

Bu fraksiyonlarda ayrıca ekstraksiyon çözeltisi ile çözünen organik fosfor konsantre nitrik asitle yakılarak 0.1 M  $\text{NaHCO}_3$  ile ekstrakte edilebilir toplam ve iki değerin arasındaki farktan organik fosfor (Po) fraksiyonu belirlenmiştir.

**I.II.** I.I'de verilen ekstraksiyon sonrası toprak 0.1 N NaOH + 1 M NaCl çözeltisi ile ekstrakte edilmiştir. Toprak, 0.1 N NaOH + 1 M NaCl çözeltisinin 50 ml' si ile 17 saat çalkalanmıştır. Elde edilen ekstrakt 100 ml'lik volümetrik ölçü balonuna konularak, 2 defa daha 1 M NaCl' ün 25 ml' si ile yıkanarak ölçü balonunda toplanmış ve son hacim 100 ml'ye 1 M NaCl ile tamamlanmıştır.

Bu fraksiyonlarda ekstraksiyon çözeltisinde ayrıca organik fraksiyon belirlemesi yapılmıştır. Bunun için belirli bir ekstrakt (5-10 mL) alınarak önce ısıtıcıda sıvı fazı buharlaştırılmış sonra konsantre nitrik asit ile 200°C de yakma işlemi yapılmıştır.

## **II. Aşama (Fe-bağı P fraksiyonu) CBD-P**

I. aşamadan geri kalan toprak örneği üzerine 0.3 M'lık sodyum sitrat ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) çözeltisinden 40 mL, 0.1 M  $\text{NaHCO}_3$  çözeltisinden 5 mL ilave edilerek ve süspansiyon su banyosunda 85°C'de ısıtılmıştır. Üzerine 1 g sodyum ditionit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) ilave edilip hızlıca karıştırılmış ve topraktaki indirgenebilecek metallerin indirgenerek çözünmesi sağlanmıştır. Isıtma işlemine 15 dakika daha devam edilmiş ve santrifüjlemeden sonra ekstrakt 100 mL'lik ölçü balonuna aktarılmıştır. Arta kalan toprak doymuş NaCl çözeltisi ile 2 defa yıkanarak elde edilen ekstrakt ölçü balonunda toplanmış ve son hacim 100 mL'ye tamamlanmıştır.

## **III. Aşama (Ca-bağı P fraksiyonu)**

II. aşamadan kalan toprak örneği bakiye  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  oksidasyonu için toprak santrifüj tüplerinde hava ile temasa geçirilmiştir. Daha sonra toprak örneği üzerine 50 ml 0.5 M HCl ilave edilip ve 1 saat çalkalanarak santrifüjlenmiş ve üst kısımdaki sıvı ayrılmıştır. Santrifüjlemeden sonra ekstrakt 100 mL'lik ölçü balonuna konularak 25 mL doymuş NaCl çözeltisiyle 2 defa daha yıkanmış ve hacim doymuş NaCl ile 100 mL'ye tamamlanmıştır.

## **IV. Aşama (Bakiye-P fraksiyonu)**

Bu işlem için III. aşamadan kalan toprak örneği kral suyu ( $\text{HNO}_3/\text{HCl}$ , 3:1 V/V) karışımıyla yakılmıştır.

### **3.5. İstatistiksel Değerlendirmeler**

Toprakların fiziko-kimyasal özelliklerine ve fosfor fraksiyonlarına (konsantrasyon ve oransal değerler) SPSS 22 paket programında tanımlayıcı istatistik analizleri uygulanmıştır. Yapılan temel tanımlayıcı istatistikler sonucunda normal dağılım göstermeyen yani çarpıklık değeri  $\geq 2 \times$  çarpılığın standart sapması olan özelliklerde log transformasyonu yapılarak veri setinin

normal dağılıma sahip olması ya da normal dağılıma yaklaştırılması sağlanmıştır (Berkman ve Reise, 2012). Daha sonra fraksiyonların toprak özellikleri ile olan ilişkileri konvansiyonel korelasyon analizi ile incelenmiştir. Daha detaylı analiz için veri azaltma yöntemi olan temel bileşen analizi kullanılmıştır. Topraklarda belirlenen fosfor fraksiyonları ile tanımlayıcı toprak özelliklerine veri indirgeme yöntemi olan temel bileşen analizi (PCA) uygulanmıştır (SPSS, 2004). Temel bileşen analizi orijinal  $x$  değişkeninin varyans yapısını daha az sayıda ve bu değişkenlerin doğrusal bileşenleri olan yeni değişkenlerle ifade edilmesidir. PCA, aralarında korelasyon bulunan  $x$  sayıda değişkenin açıkladığı yapıyı, aralarında korelasyon olmayan ve sayıca orijinal değişken sayısından daha az ve orijinal değişkenlerin doğrusal bileşenleri olan değişkenlerle açıklanmasıdır. Veri matrisindeki  $x$  değişkenin doğrusal bileşenlerini bulmak için korelasyon matrisi kullanılmış ve Varimax rotasyonu uygulanmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Toprak Özellikleri

Çizelge EK A.1'de verilen toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1'de verildiği üzere topraklarının pH'sı 6.78 – 8.03 arasında, ortalaması ise 7.69' dur. Negatif çarpıklık değeri (-1.56), topraklardan yıkanan alkali elementler genelde toprak pH'sında azalmaya neden olması ve pH tanımında yer alan log nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir. 1.69 olan basıklık değeri de toprakların bu özellik açısından sivri bir dağılım gösterdiğini ya da benzer pH' ya sahip toprakların sayısının normal dağılıma göre daha fazla olduğuna işaret etmektedir.

Toprakların elektriksel iletkenlikleri 105.2 – 765.0  $\mu\text{S cm}^{-1}$  arasında değişmiş, ortalama 294.6  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Bu değer, topraklarda tuzluluk açısından herhangi bir problem olmadığını göstermektedir. Pozitif çarpıklık değeri 1.03 normale yakın bir değer göstermekle beraber bazı alanlarda tuz birikime eğilimini işaret etmektedir. Basıklık değeri (2.06) topraklarda bu parametre açısından yüksek bir benzerlik olduğunu bildirmektedir.

Toprakların organik madde içeriği % 0.51 - 6.94 arasında değişim gösterdiği, ortalamasının ise % 2.052 olduğu belirlenmiştir. Toprak organik maddesi oldukça yüksek bir çarpıklık değeri göstermektedir (2.22). Bu da, alınan toprak örneklerinin özellikle çok yıllık meyve bahçelerinde artış eğilimine sahip olduğunu ifade etmektedir. Çok yüksek basıklık değeri (8.63) tipik olarak çalışma alanında toprakların oldukça benzer organik madde içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Organik madde içeriği mod etrafında toplanma toplanma eğilimi fazladır ve sivri bir dağılım olarak ifade edilebilir.

Toprakların kireç içeriğinin %0.66-41 arasında değiştiği ve ortalama % 11.21 olarak bulunmuştur. Bu da toprakların genelde orta derecede kireçli olduğunu

göstermektedir. Pozitif çarpıklık değeri (1.18) bazı alanlarda toprak oluşum süreçlerinde topraklarda sekonder kireç birikiminin olduğuna işaret etmektedir. Basıklık değeri  $0.56 < 2 \times 0.56$  olduğundan normal bir dağılım göstermektedir. Bu da topraklarda bu parametrenin oldukça değişken olduğunun bir belirtisidir.

Toprakların aktif kireç içeriği % 0.50 - % 2.83 arasında olup % 1.20 ortalamaya sahiptir. Bu da toprakların genelde aktif kireç içeriğinin aşırı yüksek olmadığını ya da topraklardaki kireçlerin tanecik boyutunun yüksek olduğunu göstermektedir. Çarpıklık (0.64) ve basıklık (-0.14) katsayıları bu parametrenin tipik normal dağılım gösteren bir veri seti olduğunu ifade etmektedir.

Toprakların kum fraksiyonu 6 – 695 g kg<sup>-1</sup> arasında, ortalaması ise 384.9 g kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Bu özellikte de çarpıklık (-0.18) ve basıklık (-0.43) katsayılarının değerlendirilmesinden veri setinin normal dağılım şartlarını sağladığı gözlenmektedir.

Toprakların silt fraksiyonu 118 – 667 g kg<sup>-1</sup> arasında olup, ortalaması 247.4 g kg<sup>-1</sup> dir. Çarpıklık değeri (1.45) ve basıklık katsayısı (3.92) açısından normal dağılım göstermemektedir.

Toprakların kil içeriği 147–704 g kg<sup>-1</sup> arasında olup ortalama kil miktarı 367.7 g kg<sup>-1</sup> dir. Çarpıklık değeri (0.58) ve basıklık değeri (0.16) göz önüne alındığında toprakların kil içeriği normal dağılım göstermektedir.

Toprakların Katyon değişim kapasitesi (KDK) değerleri 11.2–62.9 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişirken, ortalama KDK 33.68 cmol kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Pozitif çarpıklık (0.57) ve basıklık değeri (0.34) olmasına rağmen veri seti normal dağılım göstermektedir. Nitekim düşük çarpıklık nedeniyle mod (27.5 cmol kg<sup>-1</sup>) ve medyan (32.80 cmol kg<sup>-1</sup>) değerleri birbirine yakındır.

Toprakların amonyum asetatla ekstrakte Ca konsatrasyonu (6.90-42.0 cmol kg<sup>-1</sup>) arasında, ortalama (25.32 cmol kg<sup>-1</sup>) dir. Bu durumu toprakların değişim

komplekslerinde baskın katyonun kalsiyum olduğunu ve toprakların kalsiyum bakımından zengin olduğuna işaret etmektedir. Bununla birlikte, özellikle nötre pH ya sahip olan hafif bünyeli topraklarda kalsiyum miktarının düşük olduğunu göstermektedir. Burada da pH da olduğu gibi negatif çarpıklık değeri (- 0.39) Ca iyonunun yıkanma eğiliminde olduğuna işaret etmektedir. Ancak veri seti normal dağılım göstermektedir. Basıklık değeri (-0.16) de normal dağılım sınırları içerisinde kalmaktadır.

Toprakların potasyum (K) içerikleri ( $0.41-3.60 \text{ cmol kg}^{-1}$ ) arasında olup; bitkiye yararlılık açısından oldukça yüksek bir ortalama ( $1.59 \text{ cmol kg}^{-1}$ ) söz konusudur. Topraklarda bitkiye yararlı potasyum içeriği  $> 0.36 \text{ cmol kg}^{-1}$  yeterli olarak değerlendirilebilir. Pozitif çarpıklık değerinden (0.86) bazı toprakların oldukça yüksek K içeriğine sahip olduğu söylenebilir. Bu da tarımsal uygulamalardan ya da topografyadan kaynaklanan bir artış ile açıklanabilir. Basıklık değeri (-0.09) açısından ise veri seti ideal (0 basıklık) normal dağılıma oldukça yakındır.

Toprakların amonyum asetatla ekstrakte edilebilen magnezyum (Mg) içerikleri  $1.20 - 15.84 \text{ cmol kg}^{-1}$  arasındadır. Ortalama Mg  $5.48 \text{ cmol kg}^{-1}$  dir. Topraklarda bitkiye yararlı magnezyum içeriği  $> 0.67 \text{ cmol kg}^{-1}$  yeterli olarak değerlendirilebilir. Ancak  $5.48 \text{ cmol kg}^{-1}$  ortalaması toprakların çok fazla miktarda Mg içerdiğini göstermektedir. Pozitif çarpıklık değeri (1.14) normal dağılım için gereken sınırın üzerindedir ( $2 \times 0.285 = 0.57$ ). Bu davranışta toprakların ana materyalinin kireçli olması (Akgül vd., 2001), topografyanın etkisiyle yıkanma ve gübreleme uygulamalarının etkili olduğu değerlendirilmektedir. Basıklık değeri (1.11) açısından topraklar normal dağılım göstermektedir.

Toprakların amonyum asetatla ekstrakte edilebilen Na içeriği  $0.05 - 2.15 \text{ cmol kg}^{-1}$  arasında, ortalama ise  $0.61 \text{ cmol kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Bu parametre oldukça yüksek pozitif çarpıklık değeri (2.32) göstermektedir. Bu durum Na iyonunun hareketliliği ve topoğrafya ile ilişkili olabilir. Ayrıca belirli alanlarda sulama yapılması başka bir neden olabilir. Basıklık değeri de (16.15) son derece

yüksektir. Bu, çok sivri bir dağılımın bir göstergesidir ve benzer Na içeriğine sahip çok sayıda toprak örneğinin bulunduğunu göstermektedir.

Toprakların yarayışlı fosfor içerikleri  $3.91-96.68 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında, ortalama yarayışlı P ise  $18.6 \text{ mg kg}^{-1}$  dir. Bu durum nispeten sınırlı sayıdaki toprak örneğinde fosfor eksikliğinin bir göstergesidir ( $8 < \text{yarayışlı fosfor}$ ) ve önemli miktarda toprak örneğinde ise yarayışlı fosfor ( $25 \text{ mg kg}^{-1} < \text{yarayışlı fosfor} < 80 \text{ mg kg}^{-1}$ ) olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, zamanla yapılan aşırı gübrelemenin toprak özellikleri ile kombine etkisi sonucu fosfor seviyesinin çevresel açıdan tehlikeli bir şekilde yükseldiği düşünülmektedir. Diğer taraftan frekans dağılım diyagramının yüksek pozitif çarpıklık değeri (2.81) bu durumu destekleyen diğer bir veridir. Yüksek basıklık değeri (7.95) ki diğer parametrelerle kıyaslandığında oldukça yüksektir, toprak örneklerinin mod etrafında toplandığının ve çok sayıda benzer P içeriğine sahip örneğin bulunduğu işaret etmektedir. Yüksek P içeriği ile bu durum düşünüldüğünde genel itibarıyla yapılan aşırı gübrelemenin yörede yaygın olduğu değerlendirmesi yapılabilir.

Toprakların serbest mangan oksit ( $\text{MnOx}$ ) miktarları  $53-239 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişmekte olup, ortalama serbest  $\text{MnOx}$  miktarı  $154.3 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Negatif çarpıklık (-0.04) ve basıklık değeri (-0.16) söz konusudur ancak veri seti neredeyse ideal normal dağılımı göstermektedir.

Toprakların amorf mangan oksit ( $\text{AMnOx}$ ) miktarları  $8-3317 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişirken; ortalama miktar  $134.96 \text{ mg kg}^{-1}$  dir. Bu, amorf mangan oksitin toprak içeriğinde belirgin bir değişimi göstermektedir. Pozitif çarpıklık değerinin (8.29) çok yüksek olması, bazı topraklarda bu Mn oksit fraksiyonunun sürekli artış eğiliminde olduğuna işaret etmektedir. Bu da Mn oksitlerin çözünürlüğü ve hareketliliği anamateryal özellikleriyle birlikte değerlendirildiğinde toprakların önemli miktarda Mn gübrelemesi ile karşı karşıya olduğuna işaret etmektedir. Basıklık değeri (69.46) de son derece yüksek olup sivri bir dağılım söz konusudur.

Toprakların toplam mangan oksit (TMnOx) miktarları 191–3652 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup ortalaması 499.5 mg kg<sup>-1</sup> dir. Pozitif çarpıklık değeri (5.62) yüksek olup bu durum toprakların pedotransfer fonksiyonlarındaki değişimlerden ve tarımsal uygulamalardan kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Basıklık değeri de (34.83) son derece yüksek olup tipik sivri bir dağılım göstermektedir.

Toprakların amorf demir oksit (AFeOx) miktarları oldukça geniş sınırlar (666–8441 mg kg<sup>-1</sup>) arasında değişmekte olup, ortalama AFeOx içeriği 2251.5 mg kg<sup>-1</sup> dir. Yüksek pozitif çarpıklık değeri (2.29) normal dağılımdan sapmayı gösterirken, diğer taraftan da gerek toprak oluşumu gerekse tarımsal uygulamadan kaynaklanan bir artışa da işaret etmektedir. Basıklık değeri de (5.87) oldukça yüksektir ve veri seti sivri bir dağılım göstermektedir.

Toprakların toplam demir oksit (TFeOx) miktarları 8572–28490 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, ortalaması da 17603.2 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Toprakların Fe oksit içerikleri oldukça yüksek bir değişkenlik göstermektedir. Pozitif çarpıklık (0.02) ve basıklık değeri (0.14) elde edilmiş olmasına rağmen veriseti tipik normal dağılım göstermektedir.

Toprakların toplam çinko (TZn) miktarları 27.28 – 90.51 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup, ortalama TZn miktarı 60.74 mg kg<sup>-1</sup> dir. Bu açıdan topraklar tipik (50 mg kg<sup>-1</sup>) toplam Zn içeriğine sahiptir (Lindsay, 1979). Ancak bazı topraklar belirgin şekilde bu tipik değerin üzerindedir. Topraklar normal dağılım sınırları içerisinde negatif bir çarpıklık değeri (-0.12) ve basıklık değeri (1.18) göstermektedir.

Çizelge 4.1. Araştırma topraklarının rutin özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikleri (N:71)

| İstatiksel Parametre  | pH    | EC                    | OM    | Kireç | Aktif kireç | Kum                | Silt  | Kil   | KDK                   | Ca    | K     | Mg    | Na    | P                   | MnOx  | AMnOx  | TMnOx  | AFeOx   | TFeOX    | T-Zn  |
|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-------|-------------|--------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|--------|--------|---------|----------|-------|
|                       |       | $\mu\text{S cm}^{-1}$ | %     |       |             | $\text{g kg}^{-1}$ |       |       | $\text{cmol kg}^{-1}$ |       |       |       |       | $\text{mg kg}^{-1}$ |       |        |        |         |          |       |
| Ortalama              | 7.69  | 294.6                 | 2.07  | 11.13 | 1.20        | 384.8              | 247.4 | 367   | 33.68                 | 25.32 | 1.59  | 5.49  | 0.61  | 18.6                | 154.3 | 134.96 | 499.5  | 2251.5  | 17603.2  | 60.74 |
| Std. Ortalama Hata    | 0.03  | 14.27                 | 0.12  | 1.27  | 0.07        | 19.39              | 11.38 | 14.8  | 1.25                  | 0.95  | 0.09  | 0.37  | 0.03  | 2.30                | 5.16  | 45.70  | 54.45  | 176.8   | 450.2    | 1.28  |
| Medyan                | 7.79  | 276                   | 1.99  | 7.82  | 1.18        | 379.4              | 225   | 353   | 32.80                 | 27    | 1.35  | 4.92  | 0.61  | 13.0                | 152   | 86     | 420    | 1909    | 17922    | 60.75 |
| mod                   | 7.84  | 210a                  | 2.04a | 0.93  | 0.57        | 5.70a              | 167.a | 146 a | 27.5a                 | 28.10 | 0.76a | 1.41a | 0.61  | 4.48a               | 146a  | 77.00  | 358    | 1493    | 18743    | 27.2a |
| Std. Sapma            | 0.29  | 120.2                 | 0.97  | 10.73 | 0.56        | 163.3              | 95.86 | 125.3 | 10.51                 | 8.04  | 0.80  | 3.10  | 0.27  | 19.36               | 43.47 | 385.06 | 458.8  | 1490    | 3793.8   | 10.82 |
| Varyans               | 0.08  | 14450                 | 0.95  | 115.1 | 0.31        | 26695              | 9188  | 15708 | 110.4                 | 64.65 | 0.64  | 9.63  | 0.07  | 374.7               | 1890  | 148267 | 210513 | 2220224 | 14393251 | 117.1 |
| Çarpıklık             | -1.56 | 1.03                  | 2.22  | 1.18  | 0.64        | -0.18              | 1.45  | 0.58  | 0.57                  | -0.39 | 0.86  | 1.14  | 2.32  | 2.81                | -0.04 | 8.29   | 5.62   | 2.29    | 0.02     | -0.12 |
| Std. Çarpıklık Hatası | 0.29  | 0.29                  | 0.29  | 0.29  | 0.29        | 0.29               | 0.29  | 0.29  | 0.29                  | 0.29  | 0.29  | 0.29  | 0.29  | 0.29                | 0.29  | 0.29   | 0.29   | 0.29    | 0.29     | 0.29  |
| Basıklık              | 1.69  | 2.06                  | 8.63  | 0.56  | -0.14       | -0.43              | 3.93  | 0.16  | 0.34                  | -0.16 | -0.09 | 1.11  | 16.15 | 7.95                | -0.41 | 69.46  | 34.83  | 5.87    | 0.14     | 1.81  |
| Std. Basıklık Hata    | 0.56  | 0.56                  | 0.56  | 0.56  | 0.56        | 0.56               | 0.56  | 0.56  | 0.56                  | 0.56  | 0.56  | 0.56  | 0.56  | 0.56                | 0.56  | 0.56   | 0.56   | 0.56    | 0.56     | 0.56  |
| Dağılım Aralığı       | 1.25  | 656.8                 | 6.43  | 40.87 | 2.33        | 689.2              | 549   | 556   | 51.73                 | 35.10 | 3.19  | 14.64 | 2.10  | 92.77               | 186   | 3309   | 3461   | 7775    | 19918    | 63.23 |
| Minimum               | 6.78  | 105.2                 | 0.51  | 0.66  | 0.50        | 5.70               | 118   | 146.9 | 11.20                 | 6.90  | 0.41  | 1.20  | 0.05  | 3.91                | 53    | 8      | 191    | 666     | 8572     | 27.28 |
| Maksimum              | 8.03  | 762                   | 6.94  | 41.53 | 2.83        | 694.9              | 667   | 703.6 | 62.93                 | 42    | 3.60  | 15.84 | 2.15  | 96.68               | 239   | 3317   | 3652   | 8441    | 28490    | 90.51 |

a Birden fazla mod bulunmaktadır

## 4.2. Topraklarda Fosfor Fraksiyonları

Toprakların kademeli olarak çözölen, farklı jeokimyasal fraksiyonlarında bulunan fosfor konsantrasyonları Ek A.2'de verilmiştir. Farklı fosfor fraksiyonlarına ait temel tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.2'de verilmiştir. Veri setinin bazıları normal dağılım göstermediği için (Çarpıklık katsayısı  $\geq 2 \times$  çarpıklığın standart hatası) veri setlerine log transformasyon uygulandıktan sonraki tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.3'te verilmiştir. Fosfor fraksiyonlarının toplam fosfor içindeki oransal dağılımlarına ait tüm veri seti EK A.3' de, tanımlayıcı istatistikler ise Çizelge 4.4'de verilmiştir.

### 4.2.1. Toprakların Yarayışı Fosfor Fraksiyonları (NaHCO<sub>3</sub>-P)

Topraklarının NaHCO<sub>3</sub> ile ekstrakte edilebilen fosfor fraksiyonu organik ve inorganik olmak üzere ikiye ayrılarak belirlenmiştir.

#### 4.2.1.1. NaHCO<sub>3</sub>-P fraksiyonunu kantitatif miktarları

Atabey Ovası topraklarının NaHCO<sub>3</sub>-Po fraksiyonu 0.27 – 20.52 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup, ortalama değeri 2.75 mg kg<sup>-1</sup> dir. Veri seti son derece yüksek pozitif çarpıklık (3.16) göstermektedir. Bu durum frekans dağılım diyagramında sağdan aşırı şekilde kuyruklanma olduğunu göstermektedir. Bu kuyruklanma da topraklarda genel itibarıyla yapılan uygulamalar ve/veya toprak oluşum süreçlerinin etkisiyle bu fraksiyonda özellikle bazı topraklarda aşırı bir yükselmenin olduğuna işaret etmektedir. Yüksek basıklık değeri (12.11), veri setinin normalin üstünde sivri bir dağılıma sahip olduğunu ve bu fraksiyondaki fosfor içeriği açısından birbirine benzer oldukça fazla sayıda toprak numunesinin var olduğunu göstermektedir. Bu da çalışma sahasının büyüklüğü ve toprak oluşum süreçlerindeki benzerlikler, özellikle iklim ve anamateryalin genelde benzerliği (Akgöl vd. 2001) göz önüne alındığında beklenen bir durumdur. Dört toprak örneğinde NaHCO<sub>3</sub>-Po miktarı belirgin şekilde yüksek bulunmuştur. Bunlar; 61 (7.32 mg kg<sup>-1</sup>), 52 (10.63 mg kg<sup>-1</sup>), 64 (18.92 mg kg<sup>-1</sup>), 63 (20.52 mg kg<sup>-1</sup>) nolu topraklardır (EK A.2). Yirmi beş toprak örneğinde

NaHCO<sub>3</sub>-Po miktarı oldukça düşüktür. Bu topraklar; 5, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 22, 25, 27, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 44, 45, 50, 53, 55, 57, 59, 62 ve 66 nolu topraklar olup bu fraksiyondaki P içerikleri 0.3–0.8 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermektedir.

Topraklarının NaHCO<sub>3</sub>-Pi fraksiyonu, 3.91–96.68 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup, ortalama değer 18.67 mg kg<sup>-1</sup> dir. Pozitif çarpıklık değeri 2.81 gibi oldukça yüksek olup NaHCO<sub>3</sub>-Po da olduğu gibi sağdan çarpık bir özellik göstermektedir. Basıklık değeri (7.95) yüksek olmakla beraber NaHCO<sub>3</sub>-Po'ninkinden daha düşüktür. Bazı toprak örneklerinde NaHCO<sub>3</sub>-Pi miktarı belirgin şekilde yüksektir. Bu topraklar 7 (36.39 mg kg<sup>-1</sup>), 38 (49.39 mg kg<sup>-1</sup>), 55 (57.72 mg kg<sup>-1</sup>), 64 (68.01 mg kg<sup>-1</sup>), 9 (87.19 mg kg<sup>-1</sup>), 33 (93.35 mg kg<sup>-1</sup>), 63 (96.68 mg kg<sup>-1</sup>), nolu topraklardır (EK A.2). Bazı topraklarda ise NaHCO<sub>3</sub>-Pi miktarı bitki ihtiyacını karşılayamayacak kadar düşüktür. Bu topraklar 4, 6, 8, 18, 19, 20, 21, 24, 26, 30, 39, 47, 51, 65 ve 71 nolu topraklar olup, 3.91 – 8 mg kg<sup>-1</sup> arasında NaHCO<sub>3</sub>-Pi fraksiyonu içermektedir.

Topraklarının NaHCO<sub>3</sub>-Pt fraksiyonundaki P içerikleri 5.17–117.21 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup, ortalama değer 21.42 mg kg<sup>-1</sup> dir. Frekans dağılım diyagramındaki pozitif yüksek çarpıklık değeri (3.04) topraklarda bu fraksiyonun özellikle gübreleme uygulamaları neticesinde artma eğilimi gösterdiğine işaret etmektedir. Yüksek basıklık değeri (9.34) ise çok sayıda toprak numunesinin benzer miktarlarda bu fraksiyonu içerdiğini göstermektedir. Bazı toprak örneklerinde NaHCO<sub>3</sub>-Pt miktarı belirgin şekilde yüksektir. Bu topraklar; 7 (39.84 mg kg<sup>-1</sup>), 38 (49.63 mg kg<sup>-1</sup>), 55 (58.47 mg kg<sup>-1</sup>), 64 (86.93 mg kg<sup>-1</sup>), 9 (91.85 mg kg<sup>-1</sup>), 33 (100.9 mg kg<sup>-1</sup>), 63 (117.21 mg kg<sup>-1</sup>), nolu topraklardır (EK A.2). Buna karşılık NaHCO<sub>3</sub>-Pt fraksiyonu 13, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 30, 32, 39, 47, 51 ve 71 nolu toprak örneklerinde düşük olup, 5.17 – 10.87 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermektedir.

#### 4.2.1.2. NaHCO<sub>3</sub>-P fraksiyonunu oransal miktarları

Topraklarının NaHCO<sub>3</sub>-Po fraksiyonları oransal olarak (% 0.01 – 1.16) arasında olup, ortalama değer % 0.25 tir (Çizelge 4.4). Pozitif çarpıklık değeri (1.44) katsayısı frekans dağılım diyagramının sağdan kuyruklandığına işaret etmektedir. Basıklık değeri (1.75) olup bu fraksiyondaki içerik değerlerinkinden daha düşüktür. Bu fraksiyon 52 nolu toprak örneğinde en yüksektir (%1.16) diğer topraklardaki oransal dağılım EK A.3 da detaylı olarak verilmiştir. Yüksek mobil fraksiyona sahip olan 52 nolu toprak aynı zamanda yüksek organik madde, yarayışlı P ve DTPA ile ekstrakte edilebilen mikroelementlerin yüksekliği ile de tipiktir. Bu da sözkonusu toprağın ağır bir gübreleme ile karşıkarşıya olduğuna işaret etmektedir.

NaHCO<sub>3</sub>-Pi fraksiyonu oransal olarak % 0.35 – 6.96 arasında değişmekte olup, ortalaması %1.57 dir (Çizelge 4.4). Çarpıklık değeri 2.48 olup gübreleme uygulamalarının neticesi olduğu düşünülen pozitif kuyruklanma sözkonusudur. Yüksek basıklık değeri (8.36) toprakların oluşum süreçlerindeki ya da idaresindeki (gübreleme, bitki örtüsü gibi) benzerliğinin neticesi olabilir. Bazı NaHCO<sub>3</sub> -Pi fraksiyonunun oransal miktarları 22 (% 3.14), 63 (%3.69), 7 (% 3.73), 55 (% 4.03), 33 (% 5.16), 9 (% 6.96) nolu topraklarda belirgin şekilde yüksek; buna karşılık 6 (% 0.35), 18 (% 0.41), 65 (% 0.43) nolu topraklarda düşüktür (Ek. A.3).

Topraklarının NaHCO<sub>3</sub>-Pt fraksiyonları oransal olarak % 0.73 – 7.33 arasında olup, ortalama değer %1.82' dir (Çizelge 4.4). Frekans dağılımında oldukça yüksek sağdan çarpıklık sözkonusudur (2.53). Bununla birlikte sivri bir dağılım gözlenmektedir (8.10). NaHCO<sub>3</sub>-Pt fraksiyonu 22 (% 3.19), 64 (%3.34), 52 (% 3.73), 7 (% 4.08), 55 (% 4.08), 63 (% 4.47), 33 (% 5.58), 9 (%7.33) nolu topraklarda yüksek; 6 (% 0.73), 47 (% 0.76), nolu topraklarda ise düşüktür (EK A.3).

#### 4.2.2. Toprakların NaOH-P Fraksiyonları

Topraklarının NaOH-P fraksiyonları organik ve inorganik olmak üzere ikiye ayrılmış ve NaHCO<sub>3</sub> ekstraksiyonu sonrası aynı topraklar kullanılarak belirlenmiştir.

##### 4.2.2.1. NaOH-P fraksiyonları kantitatif miktarları

Atabey Ovası topraklarının NaOH-Po fraksiyonundaki P içeriği 0.51– 31.20 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup, ortalama değer 7.23 mg kg<sup>-1</sup> dir (Çizelge 4.2). Pozitif çarpıklık değeri (1.54), daha mobil olan NaHCO<sub>3</sub> fraksiyonları ile kıyaslandığında çok daha düşüktür. Bu da yapılan uygulamalar neticesinde bu fraksiyondaki artış eğiliminin daha düşük olduğunu göstermektedir. Basıklık değeri (1.29) hemen hemen normal dağılım göstermektedir ancak yine de bir miktar sivri bir dağılım söz konusudur. Bu fraksiyonun topraklardaki konsantrasyonları dikkate alındığında 4 (23.38 mg kg<sup>-1</sup>), 5 (22.12 mg kg<sup>-1</sup>), 6 (20.71 mg kg<sup>-1</sup>), 8 (22.63 mg kg<sup>-1</sup>), 14 (23.08 mg kg<sup>-1</sup>), 37 (22.71 mg kg<sup>-1</sup>), 38 (29.72 mg kg<sup>-1</sup>), 45 (29.99 mg kg<sup>-1</sup>), 46 (29.05 mg kg<sup>-1</sup>), 63 (31.20 mg kg<sup>-1</sup>) nolu topraklarda göreceli olarak daha yüksektir. Buna karşılık dokuz toprak örneğinde NaOH-Po miktarı düşük bulunmuştur. Bu topraklar 31 (0.71 mg kg<sup>-1</sup>), 34 (0.51 mg kg<sup>-1</sup>), 48 (0.67 mg kg<sup>-1</sup>), 54 (0.94 mg kg<sup>-1</sup>), 62 (0.53 mg kg<sup>-1</sup>), 66 (0.81 mg kg<sup>-1</sup>), 68 (0.89 mg kg<sup>-1</sup>), 70 (0.93 mg kg<sup>-1</sup>) ve 71 (0.67 mg kg<sup>-1</sup>) nolu topraklardır. Tüm topraklara ait içerikler EK A.2 de verilmiştir.

Topraklarının NaOH-Pi fraksiyonundaki P miktarları 25.99 –226.63 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup, ortalama değer 69.43 mg kg<sup>-1</sup> dir (Çizelge 4.2). Pozitif çarpıklık değeri (2.15) sağdan çarpık bir frekans dağılım diyagramına işaret etmektedir. NaOH-Pi' nin NaOH-Po'dan yüksek çarpıklık değeri topraklarda yapılan gübreleme ve diğer toprak yönetim uygulamalarından dolayı organik fraksiyonda tutulan P' nin daha az değiştiğini işaret etmektedir. Bu da ilave edilen P' nin çoğunlukla Al-oksitler üzerinde orta derecede yarayışlı P fraksiyonu olarak tutuma eğiliminin yüksek olduğunun göstergesi olarak kabul edilebilir. Zira toprakta organik fraksiyonun artması ancak toprak organik

maddesinin artmasına bağı olarak değişim gösterir ki NaOH ile ekstrakte edilen P' nin önemli bir kısmı, topraktaki organik madde miktarına bağı olarak, NaOH' ın organik maddeyi çözmesi sonucu çözelti fazına geçmektedir. Yüksek basıklık değeri (6.06), bu fraksiyonda benzer toprak örneğinin fazlalığına delalet etmektedir. Bu fraksiyonun topraklardaki konsantrasyonları dikkate alındığında 1 (109.96 mg kg<sup>-1</sup>), 2 (103.73 mg kg<sup>-1</sup>), 3 (101.16 mg kg<sup>-1</sup>), 14 (114.47 mg kg<sup>-1</sup>), 33 (207.39 mg kg<sup>-1</sup>), 37 (107.34 mg kg<sup>-1</sup>), 38 (110.8 mg kg<sup>-1</sup>), 53 (102.1 mg kg<sup>-1</sup>), 55 (116.86 mg kg<sup>-1</sup>), 63 (226.6 mg kg<sup>-1</sup>), 64 (183.5 mg kg<sup>-1</sup>) nolu topraklarda yüksek; 19 (28.35 mg kg<sup>-1</sup>), 20 (25.99 mg kg<sup>-1</sup>) ve 23 (25.99 mg kg<sup>-1</sup>) nolu topraklarda ise düşüktür (EK A.2).

Topraklarının NaOH-Pt fraksiyonu 28.04 – 257.83 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup, ortalama değer 76.66 mg kg<sup>-1</sup> dır (Çizelge 4.2). Pozitif çarpıklık değeri (2.12) frekans dağılımında sağtarafıan kuyruklanma olduğunu göstermektedir. Basıklık değeri (6.25) yüksek olup, belirli mod etrafında değere sahip toprak örneklerinin fazla olduğuna işaret etmektedir. Bu fraksiyonun topraklardaki konsantrasyonları; 1 (119.56 mg kg<sup>-1</sup>), 2 (107.92 mg kg<sup>-1</sup>), 3 (102.63 mg kg<sup>-1</sup>), 14 (137.55 mg kg<sup>-1</sup>), 22 (106.87 mg kg<sup>-1</sup>), 25 (105.67 mg kg<sup>-1</sup>), 33 (210.17 mg kg<sup>-1</sup>), 37 (130.05 mg kg<sup>-1</sup>), 38 (140.50 mg kg<sup>-1</sup>), 46 (106.83 mg kg<sup>-1</sup>), 49 (102.67 mg kg<sup>-1</sup>), 53 (103.83 mg kg<sup>-1</sup>), 55 (120.17 mg kg<sup>-1</sup>), 63 (257.83 mg kg<sup>-1</sup>) ve 64 (186.67 mg kg<sup>-1</sup>) nolu topraklarda yüksektir. Dört toprak örneğinde NaOH-Pt miktarı düşüktür. Bu topraklar; 19 (31.21 mg kg<sup>-1</sup>), 20 (28.04 mg kg<sup>-1</sup>), 21 (32.80 mg kg<sup>-1</sup>) ve 23 (32.27 mg kg<sup>-1</sup>) numaralı örneklerdir. Tüm toprak örneklerinin ilgili fraksiyonda içediğı P miktarları EK A.2' da verilmiştir.

#### **4.2.2.2. NaOH-P fraksiyonunu oransal miktarları**

Atabey Ovası topraklarının NaOH-Po fraksiyonları oransal olarak %0.04–3.45 arasında olup, ortalama değer % 0.71' tir (Çizelge 4.4). Çarpıklık katsayısı 1.58 olup sağa doğru kuyruklanma ya da uygulanan tarımsal pratiklerden kaynaklanan bir artış gözlenmektedir. Basıklık değeri (1.99) olup sivri bir frekans dağılımına sahiptir. Bu fraksiyonun topraklardaki oranları dikkate alındığında 4 (% 2.40), 5 (%2.64), 8 (% 2.41), 42 (% 2.14), 45 (% 3.45), 46 (% 2.14), 49 (% 2.14), 53 (% 2.14), 55 (% 2.14), 63 (% 2.14) ve 64 (% 2.14) nolu topraklarda yüksektir. Dört toprak örneğinde NaOH-Po miktarı düşüktür. Bu topraklar; 19 (0.04), 20 (0.04), 21 (0.04) ve 23 (0.04) numaralı örneklerdir. Tüm toprak örneklerinin ilgili fraksiyonda içediğı P miktarları EK A.2' da verilmiştir.

3.24) nolu örneklerde yüksektir. % 0.1 in altında olan topraklar ise 31 (% 0.04), 34 (% 0.05), 48 (% 0.05), 54 (% 0.07), 59 (% 0.09), 62 (% 0.05), 66 (% 0.07), 68 (% 0.08), 69 (% 0.07), 70 (% 0.08) ve 71 (% 0.07) nolu topraklardır (EK A.3).

Topraklarının NaOH-Pi fraksiyonları oransal olarak (% 2.46 – % 11.62) arasında olup, ortalama değer % 6.24 tür (Çizelge 4.4). Normal dağılım sınırları içerisinde pozitif çarpıklık (0.83) ve basıklık değeri (0.63) sözkonusudur. İlave edilen fosforlu gübreleme toplam P miktarıyla birlikte diğer fraksiyonları arttırdığından çarpıklık ve basıklık üzerine etkileri göreceli olarak azalmakta ve frekans dağılımı normale doğru yaklaşmaktadır. Dolayısıyla oransal miktarlar gübrelemenin etkisini takip etmek açısından göreceli olarak uygun olmamaktadır. Bu fraksiyon 1 (% 11.62), 2 (% 11.32), 3 (% 9.36), 14 (% 9.60), 22 (% 11.27), 33 (% 11.47), 46 (% 8.68), 53 (% 8.55), 55 (% 8.15) ve 63 (% 8.65) nolu topraklarda yüksek; 6 (% 3.94), 30 (% 3.38), 57 (% 3.03), 68 (% 3.93), 69 (% 2.46) ve 70 (% 3.51) nolu örneklerde ise en küçük değerlere sahiptir (EK A.3).

Topraklarının NaOH -Pt fraksiyonları oransal olarak olarak % 2.53 – 12.66 arasında olup, ortalama değer % 6.94 tür (Çizelge 4.4). Frekans dağılımı tipik normal dağılım sınırları içerisinde değerlendirilebilir. Bununla birlikte veri seti pozitif çarpıklık (0.67) ve basıklık katsayısı (0.14) sahiptir. NaOH ile ekstrakte edilen P miktarı; 1 (% 12.63), 2 (%11.78), 3 (% 9.49), 4 (% 9.84), 5 (% 10.34), 14 (% 11.53), 22 (% 12.66), 33 (%11.62), 37 (% 9.32), 45 (% 9.48), 46 (% 11.92) ve 63 (% 9.84) nolu topraklarda yüksek; 30 (% 3.58), 57 (% 3.26), 69 (% 2.53) ve 70 (% 3.59) nolu topraklarda ise en düşük değerlere sahiptir (EK A.3).

#### **4.2.3. Toprakların Demir Oksitlerle İlişkili Fosfor Fraksiyonları (CBD-P)**

##### **4.2.3.1. CBD-P fraksiyonunu kantitatif miktarları**

Atabey Ovası topraklarının CBD-P fraksiyonun miktarları 41.78– 312.6 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup, ortalama değer 127.59 mg kg<sup>-1</sup> dir (Çizelge 4.2). Pozitif çarpıklık değeri 1.36, veri seti sağdan çarpık bir dağılım göstermektedir. 3.40 olan

basıklık katsayısı sivri dağılım olarak değerlendirilebilir. Bu fraksiyon 1 (195.76 mg kg<sup>-1</sup>), 16 (203.75 mg kg<sup>-1</sup>), 17 (190.08 mg kg<sup>-1</sup>), 22 (203.75 mg kg<sup>-1</sup>), 38 (197.05 mg kg<sup>-1</sup>), 53 (181.83 mg kg<sup>-1</sup>), 61 (177.70 mg kg<sup>-1</sup>), 63 (305. mg kg<sup>-1</sup>) ve 64 (312.60 mg kg<sup>-1</sup>) nolu topraklarda yüksektir. Buna karşılık 7 (41. 12 mg kg<sup>-1</sup>), 8 (57.77 mg kg<sup>-1</sup>), 10 (56.48 mg kg<sup>-1</sup>), 28 (64.22 mg kg<sup>-1</sup>) ve 50 (65.25 mg kg<sup>-1</sup>), nolu topraklar göreceli olarak toprakta Fe oksitlerle ilişkili fosfor fraksiyonunu daha düşük konsantrasyonlarda içermektedir (EK A.2).

#### **4.2.3.2. CBD-P fraksiyonunu oransal miktarları**

Atabey Ovası topraklarının CBD-P fraksiyonları oransal olarak % 4.28 -29.37 arasında olup, ortalama değer % 12.17' dir (Çizelge 4.4). Çarpıklık (1.05) ve basıklık (1.96) katsayıları değerlendirildiğinde sağdan çarpık sivri bir frekans dağılımı sözkonusudur. Bu fraksiyon; 1 (% 20.68), 20 (% 19.17), 22 (% 24.15), 23 (% 29.37) ve 44 (% 20.96) nolu topraklarda yüksek; 7 (% 4.28), 8 (% 6.16), 10 (% 6.37), 27 (% 6.96), 28 (% 6.52), 33 (% 6.32), 37 (% 5.90), 49 (% 6.51) ve 50 (% 6.88) nolu topraklarda ise en küçük değerlere sahiptir (EK A.3).

#### **4.2.4. Toprakların Kalsiyumla ilişkili Fosfor Fraksiyonları (Ca-P)**

##### **4.2.4.1. Ca-P Fraksiyonunu kantitatif miktarları**

Atabey Ovası topraklarının Ca-P fraksiyonun miktarları 200.2 – 1454.9 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup, ortalama değer 573.1 mg kg<sup>-1</sup> dir (Çizelge 4.2). Pozitif çarpıklık (1.16) ve basıklık katsayısı sözkonusudur. Bu fraksiyonun topraklardaki konsantrasyonları dikkate alındığında 6 (1120.3 mg kg<sup>-1</sup>), 25 (902.7 mg kg<sup>-1</sup>), 31 (1040.6 mg kg<sup>-1</sup>), 33 (862.8 mg kg<sup>-1</sup>), 38 (1454.9 mg kg<sup>-1</sup>), 48 (870.7 mg kg<sup>-1</sup>), 57 (979.7 mg kg<sup>-1</sup>), 58 (1032.9 mg kg<sup>-1</sup>), 63 (1189.3 mg kg<sup>-1</sup>), 64 (1385.2 mg kg<sup>-1</sup>), 69 (1028.6 mg kg<sup>-1</sup>) nolu topraklar yüksektir. Bu değerler literatürde birçok toprak için bildirilen toplam fosfor değerlerinden daha yüksektir (Yang ve Post, 2011). Bu da topraklara ilave edilen fosforun özellikle kireç içeriği yüksek topraklarda bu fraksiyonda depolandığının belirtisi olarak değerlendirilebilir. En düşük değerlere sahip olan topraklar ise 19 (265.6 mg kg<sup>-1</sup>), 20 (248.5 mg kg<sup>-1</sup>)

<sup>1</sup>), 21 (257.9 mg kg<sup>-1</sup>), 22 (247.4 mg kg<sup>-1</sup>), 23 (245.2 mg kg<sup>-1</sup>), 42 (200.2 mg kg<sup>-1</sup>), 43 (209.8 mg kg<sup>-1</sup>) ve 47 (268.7 mg kg<sup>-1</sup>) nolu topraklardır (EK A.2) ki bu topraklardaki P konsantrasyonları bile oldukça yüksektir. Bu da ovada yapılan fosforlu gübrelemede stratejik hataların göstergesi olarak kabul edilebilir.

#### **4.2.4.2. Ca-P Fraksiyonunu oransal miktarları**

Atabey Ovası topraklarının Ca-P fraksiyonları oransal olarak % 28.83– % 73.96 arasında olup, ortalama değer % 50.36' tür (Çizelge 4.4). Veri seti tipik normal dağılım göstermektedir (çarpıklık katsayısı -0.11 ve basıklık katsayısı -0.50). Bu da sürekli yapılan gübreleme ile genelde bu fraksiyonun arttığını (konsantrasyon değerlerinden gözlenebilir) ancak gübrelemenin göreceli olarak yapılmadığı ya da az yapıldığı alanlarda ise bu fraksiyonun oranında azalma meydana geldiği değerlendirmesine yol açabilir. Ca-P fraksiyonun topraklardaki oranları 4 (% 61.19), 6 (% 73.96), 8 (% 64.89), 10 (% 64.86), 25 (% 63.35), 27 (% 62.64), 28 (% 62.32), 30 (% 68.72), 31 (% 63.88), 32 (% 63.43), 38 (% 60.50), 48 (% 62.46), 68 (% 59.64) ve 69 (% 58.59) nolu örneklerde yüksektir. 22 (% 29.32), 65 (% 28.83), 66 (% 31.36) nolu topraklarda diğer toprak örnekleriyle kıyaslandığında göreceli düşük olmakla birlikte aslında oldukça yüksektir (EK A.3). Bu da toprakların kireçli anamateryal üzerinde oluşmasının bir sonucu olabilir.

#### **4.2.5. Topraklarının Rezidüel veya Bakiye Fosfor Fraksiyonlar (Res-P)**

##### **4.2.5.1. Res-P Fraksiyonları kantitatif miktarları**

Atabey Ovası topraklarının Res-P fraksiyonun miktarları 55.27 – 490.4 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup, ortalama değer 215.4 mg kg<sup>-1</sup> dir (Çizelge 4.2). Bu fraksiyonun frekans dağılımına ait çarpıklık katsayısı (0.92) olup sağdan çarpık olarak değerlendirilebilir. Basıklık katsayısı (-0.10) açısından ise tipik bir normal dağılım göstermektedir. Fraksiyonların çarpıklık değerleri kıyaslandığında çarpıklık katsayısının endüşük olduğu fraksiyon Res-P fraksiyonudur. Zira bu fraksiyon daha çok toprak oluşum süreçlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkma

bir fraksiyon olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle pedotransfer fonksiyonundaki değişiklikler çerçevesinde bir sağdan çarpıklık ortaya çıkarken önceki fraksiyonlardaki çarpıklıkların yüksek olması büyük oranda gübreleme pratiklerinden göreceli daha düşük oranlarda da toprak örneklerinin pedotransfer fonksiyonundaki farklılıklardan ortaya çıkmıştır. Muhakkak ki bu fraksiyondaki çarpıklıktan tarımsal uygulamalardan kaynaklanan bir pay da sözkonusudur. Bu özellikle çok yıllık bitkilerin kullanılmasıyla sürekli bitki örtüsünün toprakların organik maddesini arttırmasıyla ilişkili olabilir. Organik maddeden kaynaklanan etkinin büyük bir kısmı önceki aşamalarda (özellikle de  $\text{NaHCO}_3$  ve  $\text{NaOH}$  gibi alkali ekstraksiyon aşamaları) ayyırt edilmiştir. Geride alkali ile çöünmeyen ancak okside olabilen organik maddelerden kaynaklanan bir kısım kalmıştır ki bu da veri setinde göreceli olarak daha düşük çarpıklık katsayısı şeklinde kendini göstermiştir. Res-P 37 ( $333.9 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 38 ( $372.6 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 55 ( $322.5 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 56 ( $340 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 57 ( $395.4 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 58 ( $490.4 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 59 ( $434.9 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 60 ( $391 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 63 ( $376.6 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 64 ( $361.2 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 67 ( $323.9 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 69 ( $448 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 70 ( $376.1 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve 71 ( $325.2 \text{ mg kg}^{-1}$ ) nolu topraklarda yüksek bulunmuştur. 1 ( $73.70 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 4 ( $55.27 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve 5 ( $74.55 \text{ mg kg}^{-1}$ ) nolu topraklarda ise oldukça düşüktür (EK A.2).

#### **4.2.5.2. Res-P Fraksiyonları oransal miktarları**

Atabey Ovası topraklarının Res-P fraksiyonları oransal olarak % 5.68 – 43.35 arasında olup, ortalama değer % 19.94 tür (Çizelge 4.4). veri seti pozitif çarpıklık (0.75) ve basıklık (0.56) katsayısı göstermektedir. Frekans dağılımı sağdan kuyruklanma gösterirken normal dağılım sınırları içerisinde bir sivri dağılım sözkonusudur. Res-P fraksiyonu 42 (% 31.78), 47 (% 32.41), 56 (% 31.30), 59 (% 34.69), 65 (% 43.35), 66 (% 41.93), 67 (% 37.36), 70 (% 33.09) ve 71 (% 36.25) nolu topraklarda yüksek bulunmuştur. 1 (% 7.79), 3 (% 9.54), 4 (% 5.62), 5 (% 8.88), 6 (% 6.57) ve 25 (% 7.85), nolu topraklar ise %10 un altında bir değer elde edilmiştir (EK A.3).

#### 4.2.6. Toprakların Toplam Fosfor Fraksiyonu

Bu fraksiyon, her topraktaki ayrı fraksiyonlar toplanarak elde edilen fraksiyondur. Ova topraktaki toplam fraksiyonlarda fosfor konsantrasyonu (540.9 – 2621.1 mg kg<sup>-1</sup>) arasında olup, ortalama değeri 1112.3 mg kg<sup>-1</sup> dir (Çizelge 4.2). Fraksiyonlar toplamının çarpıklık katsayısı (1.69) olup sağdan çarpık bir dağılım göstermektedir. Bu da topraklarda genelde gübrelemeye bağlı bir artma eğilimi olduğuna işaret etmektedir. Basıklık değeri 3.78 olup sivri bir frekans dağılımına göstermektedir. Bu durumda mod etrafında fazla sayıda toprak örneğinin bulunduğu şeklinde değerlendirilebilir. Bu da çalışma sahasının nispeten küçük, toprak yapan faktörlerdeki ve tarımsal uygulamalar daki benzerlik göz önüne alındığında beklenen bir durumdur. Fraksiyonlar toplamı; 6 (1514.9 mg kg<sup>-1</sup>), 9 (1253.5 mg kg<sup>-1</sup>), 25 (1425 mg kg<sup>-1</sup>), 31 (1629 mg kg<sup>-1</sup>), 33 (1808.7 mg kg<sup>-1</sup>), 37 (1394.8 mg kg<sup>-1</sup>), 38 (2405 mg kg<sup>-1</sup>), 48 (1394 mg kg<sup>-1</sup>), 49 (1390.2 mg kg<sup>-1</sup>), 54 (1280.6 mg kg<sup>-1</sup>), 55 (1433.2 mg kg<sup>-1</sup>), 57 (1646.9 mg kg<sup>-1</sup>), 58 (1889.4 mg kg<sup>-1</sup>), 59 (1253.6 mg kg<sup>-1</sup>), 60 (1354.4 mg kg<sup>-1</sup>), 61 (1245.9 mg kg<sup>-1</sup>), 63 (2621.1 mg kg<sup>-1</sup>), 64 (2606.3 mg kg<sup>-1</sup>), 69 (1755.6 mg kg<sup>-1</sup>), nolu topraklarda yüksek değerlere sahiptir. Buna karşılık 19 (565.7 mg kg<sup>-1</sup>), 20 (540.9 mg kg<sup>-1</sup>), 21 (551.9 mg kg<sup>-1</sup>), 42 (591.6 mg kg<sup>-1</sup>) ve 43 (559.7 mg kg<sup>-1</sup>), nolu topraklar ise düşük değerlere sahip topraklardır (EK A.3). Düşük değerler 500-600 mg kg<sup>-1</sup> arasında yer almakta ve tipik kurak-yarıkurak bölge topraklarının özelliklerini göstermektedir.

Çizelge 4.2. Fosfor Fraksiyonlarına transformasyon uygulanmadığı durumdaki tanımlayıcı istatistikler (N:71)

| Fraksiyonlar           | Değişim Aralığı | Minimum | Maximum | Ortalama   |           | Std. Sapma | Varyans  | Çarpıklık  |           | Basıklık   |           |
|------------------------|-----------------|---------|---------|------------|-----------|------------|----------|------------|-----------|------------|-----------|
|                        |                 |         |         | İstatistik | Std. Hata |            |          | İstatistik | Std. Hata | İstatistik | Std. Hata |
| NaHCO <sub>3</sub> -Pt | 112             | 5.17    | 117.2   | 21.42      | 2.55      | 21.47      | 461.0    | 3.04       | 0.28      | 9.34       | 0.56      |
| NaHCO <sub>3</sub> -Pi | 92.77           | 3.91    | 96.68   | 18.67      | 2.30      | 19.36      | 374.7    | 2.81       | 0.28      | 7.95       | 0.56      |
| NaHCO <sub>3</sub> -Po | 20.25           | 0.27    | 20.52   | 2.75       | 0.43      | 3.65       | 13.34    | 3.16       | 0.28      | 12.11      | 0.56      |
| NaOH-Pt                | 229.7           | 28.04   | 257.8   | 76.66      | 4.81      | 40.55      | 1644.5   | 2.12       | 0.28      | 6.25       | 0.56      |
| NaOH-Pi                | 200.6           | 25.99   | 226.6   | 69.43      | 4.47      | 37.69      | 1420.4   | 2.15       | 0.28      | 6.06       | 0.56      |
| NaOH-Po                | 30.69           | 0.51    | 31.20   | 7.23       | 1.01      | 8.47       | 71.81    | 1.54       | 0.28      | 1.29       | 0.56      |
| CBD-P                  | 270.82          | 41.78   | 312.6   | 127.5      | 5.88      | 49.54      | 2453.9   | 1.36       | 0.28      | 3.40       | 0.56      |
| Ca-P                   | 1254.73         | 200.2   | 1454.9  | 573.1      | 32.16     | 270.9      | 73420.6  | 1.16       | 0.28      | 1.55       | 0.56      |
| Res-P                  | 435.22          | 55.27   | 490.4   | 215.4      | 12.83     | 108.1      | 11690.8  | 0.92       | 0.28      | -0.10      | 0.56      |
| Toplam-P               | 2080.18         | 540.9   | 2621.1  | 1112.3     | 50.62     | 426.5      | 181923.4 | 1.69       | 0.28      | 3.78       | 0.56      |

Çizelge 4.3. Fraksiyonlara log transformasyon uygulandıktan sonraki tanımlayıcı istatistikler (N:71)

| Fraksiyonlar           | Değişim Aralığı | Minimum | Maximum | Ortalama   |           | Std. Sapma | Varyans | Çarpıklık  |           | Basıklık   |           |
|------------------------|-----------------|---------|---------|------------|-----------|------------|---------|------------|-----------|------------|-----------|
|                        |                 |         |         | İstatistik | Std. Hata |            |         | İstatistik | Std. Hata | İstatistik | Std. Hata |
| NaHCO <sub>3</sub> -Pt | 1.355           | 0.713   | 2.069   | 1.220      | 0.032     | 0.272      | 0.074   | 1.370      | 0.285     | 2.003      | 0.563     |
| NaHCO <sub>3</sub> -Pi | 1.393           | 0.592   | 1.985   | 1.137      | 0.038     | 0.317      | 0.100   | 0.707      | 0.285     | 0.809      | 0.563     |
| NaHCO <sub>3</sub> -Po | 1.881           | -0.569  | 1.312   | 0.194      | 0.053     | 0.448      | 0.200   | 0.457      | 0.285     | -0.568     | 0.563     |
| NaOH-Pt                | 0.964           | 1.448   | 2.411   | 1.838      | 0.023     | 0.195      | 0.038   | 0.490      | 0.285     | 0.364      | 0.563     |
| NaOH-Pi                | 0.941           | 1.415   | 2.355   | 1.793      | 0.024     | 0.198      | 0.039   | 0.534      | 0.285     | 0.407      | 0.563     |
| NaOH-Po                | 1.787           | -0.292  | 1.494   | 0.579      | 0.060     | 0.502      | 0.252   | 0.285      | 0.285     | -1.009     | 0.563     |
| CBD-P                  | 0.874           | 1.621   | 2.495   | 2.076      | 0.019     | 0.163      | 0.026   | -0.073     | 0.285     | 0.469      | 0.563     |
| Ca-P                   | 0.861           | 2.302   | 3.163   | 2.713      | 0.024     | 0.201      | 0.040   | -0.051     | 0.285     | -0.331     | 0.563     |
| Res-P                  | 0.948           | 1.742   | 2.691   | 2.282      | 0.025     | 0.214      | 0.046   | 0.049      | 0.285     | -0.495     | 0.563     |
| Toplam-P               | 0.685           | 2.733   | 3.418   | 3.020      | 0.018     | 0.149      | 0.022   | 0.438      | 0.285     | 0.630      | 0.563     |

Çizelge 4.4. Fosfor Fraksiyonlarının oransal dağılımına ait tanımlayıcı istatistikler(N:71)

| Fraksiyonlar           | Değişim Aralığı | Minimum | Maximum | Ortalama   |           | Std. Sapma | Varyans | Çarpıklık  |           | Basıklık   |           |
|------------------------|-----------------|---------|---------|------------|-----------|------------|---------|------------|-----------|------------|-----------|
|                        |                 |         |         | İstatistik | Std. Hata |            |         | İstatistik | Std. Hata | İstatistik | Std. Hata |
| NaHCO <sub>3</sub> -Pt | 6.60            | 0.73    | 7.33    | 1.82       | 0.14      | 1.15       | 1.32    | 2.53       | 0.28      | 8.10       | 0.56      |
| NaHCO <sub>3</sub> -Pi | 6.61            | 0.35    | 6.96    | 1.57       | 0.13      | 1.11       | 1.23    | 2.48       | 0.28      | 8.36       | 0.56      |
| NaHCO <sub>3</sub> -Po | 1.15            | 0.01    | 1.16    | 0.25       | 0.03      | 0.25       | 0.06    | 1.44       | 0.28      | 1.75       | 0.56      |
| NaOH-Pt                | 10.13           | 2.53    | 12.66   | 6.94       | 0.27      | 2.30       | 5.28    | 0.67       | 0.28      | 0.14       | 0.56      |
| NaOH-Pi                | 9.16            | 2.46    | 11.62   | 6.24       | 0.24      | 2.01       | 4.03    | 0.83       | 0.28      | 0.63       | 0.56      |
| NaOH-Po                | 3.41            | 0.04    | 3.45    | 0.71       | 0.10      | 0.81       | 0.66    | 1.58       | 0.28      | 1.99       | 0.56      |
| CBD-P                  | 25.09           | 4.28    | 29.37   | 12.17      | 0.54      | 4.59       | 21.03   | 1.05       | 0.28      | 1.96       | 0.56      |
| Ca-P                   | 45.13           | 28.83   | 73.96   | 50.36      | 1.18      | 9.94       | 98.79   | -0.11      | 0.28      | -0.50      | 0.56      |
| Res-P                  | 37.67           | 5.68    | 43.35   | 19.94      | 0.98      | 8.25       | 68.12   | 0.75       | 0.28      | 0.38       | 0.56      |

### 4.3. Fosfor Fraksiyonlarının Toprak Özellikleri ile İlişkileri

Topraklarda kademeli ekstraksiyon yöntemiyle ekstrakte edilen 5 fraksiyon ve bu fraksiyonların toplamı ile yarayışlı P' nin toprak özellikleri ile olan ilişkileri Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.5, 4.6 ve 4.7'da verilmiştir.

#### 4.3.1. NaHCO<sub>3</sub>-P fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonuna bakıldığında, NaHCO<sub>3</sub>-Po fraksiyonu ile OM miktarı ( $r = 0.569^{**}$ ), yarayışlı fosfor ( $r = 0.516^{**}$ ),  $^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pt ( $r = 0.63^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pi ( $r = 0.51^{**}$ ), NaOH-Pt ( $r = 0.760^{**}$ ), NaOH-Pi ( $r = 0.537^{**}$ ), CBD-P ( $r = 0.529^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.336^{**}$ ) ve toplam-P ( $r = 0.472^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon; MnOx ( $r = -0.261^{*}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların NaHCO<sub>3</sub>-P<sub>0</sub> ile ekstrakte edilebilir fosfor fraksiyonlarının OM, yarayışlı fosfor, NaHCO<sub>3</sub>-Pt, NaHCO<sub>3</sub>-Pi, NaOH-Pt, NaOH-Pi, CBD-P, Ca-P ve toplam-P arasındaki pozitif ilişki topraklarda organik maddenin artmasına bağlı olarak -ki bu genelde çok yıllık bitkilerin özellikle meyve ağaçlarının arazide bulunması ile ilgilidir- arazilerin artan miktarda gübrelenmesinin sonucunda ortaya çıkmış olabileceğine işaret etmektedir. MnOx ile negatif ilişki ise MnOx katı fazının P adsorpsiyon kapasitesinin yüksek olması ile açıklanabilir.

NaHCO<sub>3</sub>-Pi fraksiyonu OM miktarı ( $r = 0.617^{**}$ ), EC ( $r = 0.411^{**}$ ), kum ( $r = 0.259^{*}$ ), K ( $r = 0.369^{**}$ ), AMnOx ( $r = 0.449^{**}$ ), TMnOx ( $r = 0.325^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pt ( $r = 0.98^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Po ( $r = 0.516^{**}$ ), NaOH-Pt ( $r = 0.524^{**}$ ), NaOH-Pi ( $r = 0.780^{**}$ ), CBD-P ( $r = 0.465^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.457^{**}$ ) ve Toplam-P ( $r = 0.646^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon; kil ( $r = -0.255^{*}$ ) ve MnOx ( $r = -0.367^{**}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların NaHCO<sub>3</sub>-Pi ile ekstrakte edilebilir fosfor fraksiyonlarının OM, EC, kum, K, AMnOx, TMnOx, NaHCO<sub>3</sub>-Pt, NaHCO<sub>3</sub>-Po, NaOH-Pt, NaOH-Pi içeriği, CBD-P, Ca-P ve toplam-P arasındaki pozitif ilişki gübreleme programıyla

açıklanabilir. MnOx, kil değerinin içeriğinin azalması, yarayışlı fosfor miktarını artırmaktadır ki bunun da adsorpsiyon mekanizmaları ile ilişkili olduğu düşünülebilir.

NaHCO<sub>3</sub>-Pt fraksiyonu OM miktarı ( $r = 0.653^{**}$ ), EC ( $r = 0.393^{**}$ ), kum ( $r = 0.244^*$ ), K ( $r = 0.347^{**}$ ), yarayışlı fosfor ( $r = 0.989^{**}$ ), AMnOx ( $r = 0.429^{**}$ ), TMnOx ( $r = 0.302^*$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pi ( $r = 0.98^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Po ( $r = 0.635^{**}$ ), NaOH-Pt ( $r = 0.775^{**}$ ), NaOH-Pi ( $r = 0.795^{**}$ ), CBD-P ( $r = 0.509^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.469^{**}$ ) ve Toplam-P ( $r = 0.663^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon, kil ( $r = -0.243^*$ ) ve MnOx ( $r = -0.375^{**}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların NaHCO<sub>3</sub>-Pt ile ekstrakte edilebilir fosfor fraksiyonlarının OM, EC, kum, K, yarayışlı fosfor, AMnOx, TMnOx, NaHCO<sub>3</sub>-Pi, NaHCO<sub>3</sub>-Po, NaOH-Pt, NaOH-Pi, CBD-P, Ca-P ve toplam-P arasındaki pozitif ilişki özellikle toplam P ile olan pozitif ilişki yapılan gübrelemenin etkisini açıkça ortaya koymaktadır. MnOx, Kil değerinin içeriğinin azalması adsorpsiyon yüzeylerinin azalması anlamına geldiğinden NaHCO<sub>3</sub> ile ekstrakte edilebilen nispeten düşük enerji ile bağlanan toplam fosfor miktarını artırmaktadır.

#### **4.3.2. NaOH-P fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler**

Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonu, NaOH-Po fraksiyonu ile OM miktarı ( $r = 0.254^*$ ), yarayışlı Na ( $r = 0.300^*$ ), NaOH-Pt ( $r = 0.431^{**}$ ), NaOH-Pi ( $r = 0.238^*$ ) arasında önemli pozitif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların NaOH-Po fraksiyonu; OM, yarayışlı Na, NaOH-Pt, NaOH-Pi içeriği arasındaki pozitif ilişki temelde farklı nedenlerle ilişkilendirilebilir: i) NaOH alkali olması nedeniyle önemli miktarlarda organik maddeyi ekstrakte edebilmektedir. Bu durumda organik madde artışına neden olan bitki örtüsü faktörü ön plana çıkmaktadır. ii) Organik madde ve ya toprak organik maddesinin humik asit ve fulvik asit gibi fraksiyonları topraktaki adsorpsiyon yüzeyleri için fosfat iyonlarıyla rekabet halindedir. Bu rekabet genelde humik ve fulvik asitlerin lehine bir sonuç verdiğinden artan organik madde ile toprakta düşük/orta derecede enerji ile bağlanan fosfor fraksiyonlarında artış ortaya çıkmaktadır.

NaOH-Pi fraksiyonu OM miktarı ( $r = 0.616^{**}$ ), kum ( $r = 0.269^*$ ), K ( $r = 0.369^{**}$ ), AMnOx ( $r = 0.431^{**}$ ), TMnOx ( $r = 0.278^*$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pt ( $r = 0.795^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pi ( $r = 0.780^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Po ( $r = 0.524^{**}$ ), NaOH-Pt ( $r = 0.979^{**}$ ), NaOH-Po ( $r = 0.238^*$ ), CBD-P ( $r = 0.551^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.457^{**}$ ) ve toplam-P ( $r = 0.733^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon; kil ( $r = -0.255^*$ ) ve MnOx ( $r = -0.398^{**}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların NaOH-Pi ile ekstrakte edilebilir fosfor fraksiyonlarının OM, kum, K, AMnOx, TMnOx, NaHCO<sub>3</sub>-Pt, NaHCO<sub>3</sub>-Pi, NaHCO<sub>3</sub>-Po, NaOH-Pt, NaOH-Po içeriği, CBD-P, Ca-P ve toplam-P arasındaki pozitif ilişki bu fraksiyonun bağlandığı yüzeylerle (genellikle Fe, Al ve Mn oksitlerin OH yüzeylerine bağlanır), yüksek gübreleme miktarıyla (toplam P ile ilişkisi nedeniyle), NaHCO<sub>3</sub> fraksiyonlarla olan ilişkisi yüksek miktarlarda uygulama neticesinde P nin bir kısmının göreceli olarak daha yüksek enerjiye sahip NaOH fraksiyonlarındaki artışla ilişkilendirilebilir. MnOx ve kil miktarıyla azalması ise daha önce belirtildiği üzere adsorpsiyon mekanizmalarının bir fonksiyonudur.

NaOH-Pt fraksiyonu OM miktarı ( $r = 0.626^{**}$ ), kum ( $r = 0.274^*$ ), K ( $r = 0.255^*$ ), yarıyışlı fosfor ( $r = 0.760^{**}$ ), AMnOx ( $r = 0.384^{**}$ ), TMnOx ( $r = 0.254^*$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pt ( $r = 0.775^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pi ( $r = 0.760^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Po ( $r = 0.524^{**}$ ), NaOH-Pi ( $r = 0.979^{**}$ ), NaOH-Po ( $r = 0.431^{**}$ ), CBD-P ( $r = 0.551^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.543^{**}$ ) ve Toplam-P ( $r = 0.716^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon, Kil ( $r = -.282^*$ ) ve MnOx ( $r = -0.395^{**}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Bu ilişkilere de bir önceki fraksiyondaki ile benzer açıklamalar söylenebilir.

#### **4.3.3. CBD-P fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler**

Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonuna bakıldığında, CBD-P fraksiyonu ile OM miktarı ( $r = 0.469^{**}$ ), yarıyışlı fosfor ( $r = 0.465^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pt ( $r = 0.509^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pi ( $r = 0.465^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Po ( $r = 0.529^{**}$ ), NaOH-Pt ( $r = 0.551^{**}$ ), NaOH-Pi ( $r = 0.551^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.421^{**}$ ) ve Toplam-P ( $r = 0.598^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon, MnOx ( $r = -0.252^*$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar

bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların CBD-P ile ekstrakte edilebilir fosfor fraksiyonunun; OM, NaHCO<sub>3</sub>-Pt, NaOH-Pt, NaHCO<sub>3</sub>-Pi, NaHCO<sub>3</sub>-Po, NaOH-Pt, NaOH-Pi, Ca-P, toplam-P içeriği arasındaki pozitif ilişki genelde gübreleme uygulamalarıyla açıklanabilir. Zira herhangi bir toprağa ne kadar fazla gübre uygulanırsa kısa vadede yarayırlılığı yüksek olan fraksiyonlarda (NaHCO<sub>3</sub> ve NaOH ile ekstrakte edilebilen fraksiyonlar) uzun vadede ise yüksek miktardaki ilavelerin tamponlanmasına dönük çözünürlüğü düşük fraksiyonlarda (CBD-P, Ca-P ve toplam P) artış gerçekleşir.

#### 4.3.4. Ca-P fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonu analizi Ca-P fraksiyonu ile OM miktarı ( $r = 0.502^{**}$ ), kireç ( $r = 0.314^{**}$ ), aktif kireç ( $r = 0.473^{**}$ ), pH ( $r = 0.257^{*}$ ), yarayırlı K ( $r = 0.365^{**}$ ), yarayırlı Mg ( $r = 0.246^{*}$ ), yarayırlı fosfor ( $r = 0.457^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pt ( $r = 0.469^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pi ( $r = 0.457^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Po ( $r = 0.336^{**}$ ), NaOH-Pt ( $r = 0.543^{**}$ ), NaOH-Pi ( $r = 0.555^{**}$ ), CBD-P ( $r = 0.421^{**}$ ), Res-P ( $r = 0.352^{**}$ ) ve toplam-P ( $r = 0.924^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon; kil ( $r = -0.264^{*}$ ), MnOx ( $r = -0.472^{**}$ ), TFeOx ( $r = -0.414^{**}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların Ca-P ile ekstrakte edilebilir fosfor fraksiyonlarının OM olan ilişkisi bitki örtüsünden kaynaklanan gübreleme uygulamaları ile açıklanabilirken, diğer özelliklerle olan pozitif korelasyonlar yörede uygulanan fosforlu gübrelemenin bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Negatif ilişkiler ise ilave edilen P nin Ca-P fraksiyonunda birikmesine engel olan toprak özellikleriyle ilgilidir. Yani topraklarda kil, MnOx ve TFeOx miktarı yüksek ise ilave edilen gübre fosforu tercihi olarak ilgili toprak bileşenleri ile reaksiyona girme ve adsorbe edilen eğilimi daha yüksektir.

#### 4.3.5. Res-P fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonuna bakıldığında, Res -P fraksiyonu ile OM miktarı ( $r = 0.291^*$ ), KDK ( $r = 0.295^*$ ), T-Zn ( $r = 0.353^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.352^{**}$ ) ve toplam-P ( $r = 0.556^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). KDK ile olan ilişki toprak oluşum süreçlerinde P'yi tutabilme yeteneği yüksek kil minerallerinden dolayı bir artışa işaret ederken; OM, TZn bitki örtüsü kaynaklı fosfor idaresinin bir fonksiyonu ve genelde özellikle son yıllarda Zn katkılı birincil element gübrelerinin yağın olarak kullanımını ya da fosforlu gübrelerin içerisinde üretim teknolojilerinden kaynaklanan Zn' nin yüksekliğiyle açıklanabilir. Ayrıca organik madde ile olan ilişki topraklarda gerek genetik gerekse amenajman kaynaklı organik madde artışında toplam fosforun önemli bir kısmının organik madde içerisinde yer aldığına işaret etmektedir. Zira bu ekstraksiyon sırasında kullanılan konsantre  $\text{HNO}_3/\text{HCl}$  karışımı bakiye kalan organik maddeyi önemli kantitatif olarak parçalamaktadır.

#### 4.3.6. Toplam-P fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonuna bakıldığında, toplam-P fraksiyonu ile OM miktarı ( $r = 0.632^{**}$ ), aktif kireç ( $r = 0.405^{**}$ ), yarıyışlı K ( $r = 0.361^{**}$ ), yarıyışlı fosfor ( $r = 0.646^{**}$ ), T-Zn ( $r = 0.241^*$ ),  $\text{NaHCO}_3\text{-Pt}$  ( $r = 0.663^{**}$ ),  $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$  ( $r = 0.646^{**}$ ),  $\text{NaHCO}_3\text{-Po}$  ( $r = 0.472^{**}$ ),  $\text{NaOH-Pt}$  ( $r = 0.716^{**}$ ),  $\text{NaOH-Pi}$  ( $r = 0.733^{**}$ ), CBD-P ( $r = 0.598^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.924^{**}$ ) ve Res-P ( $r = 0.556^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon; kil ( $r = -.249^*$ ),  $\text{MnOx}$  ( $r = -0.447^{**}$ ),  $\text{TFeOx}$  ( $r = -0.286^*$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7).

Çizelge 4.5. Fosfor fraksiyonları ve bazı toprak özellikleri arasındaki Pearson korelasyon matrisi (N:71)

| P Frak.                | OM      | Kireç   | Aktif kireç | pH     | EC      | Kum    | silt  | Kil     | KDK    |
|------------------------|---------|---------|-------------|--------|---------|--------|-------|---------|--------|
| NaHCO <sub>3</sub> -Pt | 0.653** | 0.14    | 0.16        | -0.09  | 0.393** | 0.244* | -0.10 | -0.243* | -0.03  |
| NaHCO <sub>3</sub> -Pi | 0.617** | 0.13    | 0.14        | -0.08  | 0.411** | 0.259* | -0.11 | -0.255* | -0.03  |
| NaHCO <sub>3</sub> -Po | 0.569** | 0.13    | 0.21        | -0.10  | 0.14    | 0.06   | 0.00  | -0.08   | -0.02  |
| NaOH-Pt                | 0.626** | 0.06    | 0.11        | -0.20  | 0.16    | 0.274* | -0.10 | -0.282* | -0.09  |
| NaOH-Pi                | 0.616** | 0.08    | 0.14        | -0.18  | 0.19    | 0.269* | -0.08 | -0.290* | -0.08  |
| NaOH-Po                | 0.254*  | -0.08   | -0.06       | -0.18  | -0.09   | 0.11   | -0.11 | -0.06   | -0.11  |
| CBD-P                  | 0.469** | 0.02    | 0.13        | -0.13  | -0.05   | 0.06   | 0.08  | -0.13   | -0.11  |
| Ca-P                   | 0.502** | 0.314** | 0.473**     | 0.257* | 0.19    | 0.17   | 0.05  | -0.264* | -0.01  |
| Res-P                  | 0.291*  | -0.02   | 0.21        | -0.12  | 0.03    | -0.06  | 0.03  | 0.05    | 0.295* |
| Toplam-P               | 0.632** | 0.22    | 0.405**     | 0.07   | 0.19    | 0.18   | 0.02  | -0.249* | 0.03   |

\*\* Korelasyon, 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü)

\* Korelasyon, 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü)

Çizelge 4.6. Fosfor fraksiyonlarının yarayırlı besin elementleri ile bazı oksit fraksiyonları arasındaki Pearson korelasyon matrisi (N:71)

| <b>P Frak.</b>         | <b>Ca</b> | <b>K</b> | <b>Mg</b> | <b>Na</b> | <b>P</b> | <b>MnOx</b> | <b>AMnOx</b> | <b>TMnOx</b> | <b>AFeOx</b> | <b>TFeOX</b> | <b>T-Zn</b> |
|------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| NaHCO <sub>3</sub> -Pt | -0.015    | 0.347**  | 0.008     | 0.128     | 0.989**  | -0.375**    | 0.429**      | 0.302*       | 0.000        | -0.195       | 0.166       |
| NaHCO <sub>3</sub> -Pi | -0.017    | 0.369**  | 0.007     | 0.137     | 1**      | -0.367**    | 0.449**      | 0.325**      | 0.024        | -0.186       | 0.159       |
| NaHCO <sub>3</sub> -Po | 0.002     | 0.081    | 0.010     | 0.028     | 0.516**  | -0.261*     | 0.139        | 0.054        | -0.127       | -0.160       | 0.135       |
| NaOH-Pt                | -0.178    | 0.255*   | -0.002    | 0.216     | 0.760**  | -0.395**    | 0.384**      | 0.254*       | 0.021        | -0.172       | 0.139       |
| NaOH-Pi                | -0.156    | 0.282*   | 0.008     | 0.165     | 0.780**  | -0.398**    | 0.431**      | 0.278*       | 0.044        | -0.193       | 0.125       |
| NaOH-Po                | -0.160    | -0.034   | -0.048    | 0.300*    | 0.169    | -0.116      | -0.080       | -0.022       | -0.095       | 0.034        | 0.111       |
| CBD-P                  | -0.181    | 0.094    | 0.024     | 0.125     | 0.465**  | -0.252*     | -0.024       | -0.151       | 0.027        | -0.080       | 0.199       |
| Ca-P                   | 0.120     | 0.365**  | 0.246*    | -0.093    | 0.457**  | -0.472**    | 0.123        | 0.049        | 0.007        | -0.414**     | 0.134       |
| Res-P                  | 0.143     | 0.140    | 0.160     | -0.189    | 0.229    | -0.020      | 0.009        | 0.015        | -0.001       | 0.151        | 0.353**     |
| Toplam-P               | 0.056     | 0.361**  | 0.200     | -0.039    | 0.646**  | -0.447**    | 0.194        | 0.096        | 0.011        | -0.286*      | 0.241*      |

\*\* Korelasyon, 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü)

\* Korelasyon, 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü)

Çizelge 4.7. Fosfor fraksiyonları arasındaki Pearson korelasyon matrisi (N:71)

| P Frak.                | NaHCO <sub>3</sub> -P |         |         | NaOH-P  |         |         | CBD-P   | Ca-P    | Res-P   | Toplam-P |
|------------------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
|                        | Pt                    | Pi      | Po      | Pt      | Pi      | Po      |         |         |         |          |
| NaHCO <sub>3</sub> -Pt |                       | 0.989** | 0.635** | 0.775** | 0.795** | 0.17    | 0.509** | 0.469** | 0.23    | 0.663**  |
| NaHCO <sub>3</sub> -Pi | 0.989**               |         | 0.516** | 0.760** | 0.780** | 0.17    | 0.465** | 0.457** | 0.23    | 0.646**  |
| NaHCO <sub>3</sub> -Po | 0.635**               | 0.516** |         | 0.524** | 0.537** | 0.12    | 0.529** | 0.336** | 0.13    | 0.472**  |
| NaOH-Pt                | 0.775**               | 0.760** | 0.524** |         | 0.979** | 0.431** | 0.551** | 0.543** | 0.15    | 0.716**  |
| NaOH-Pi                | 0.795**               | 0.780** | 0.537** | 0.979** |         | 0.238*  | 0.551** | 0.555** | 0.20    | 0.733**  |
| NaOH-Po                | 0.17                  | 0.17    | 0.12    | 0.431** | 0.238*  |         | 0.19    | 0.13    | -0.15   | 0.17     |
| CBD-P                  | 0.509**               | 0.465** | 0.529** | 0.551** | 0.551** | 0.19    |         | 0.421** | 0.23    | 0.598**  |
| Ca-P                   | 0.469**               | 0.457** | 0.336** | 0.543** | 0.555** | 0.13    | 0.421** |         | 0.352** | 0.924**  |
| Res-P                  | 0.23                  | 0.23    | 0.13    | 0.15    | 0.20    | -0.15   | 0.23    | 0.352** |         | 0.556**  |
| Toplam-P               | 0.663**               | 0.646** | 0.472** | 0.716** | 0.733** | 0.17    | 0.598** | 0.924** | 0.556** |          |

\*\* Korelasyon, 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü)

\* Korelasyon, 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü)

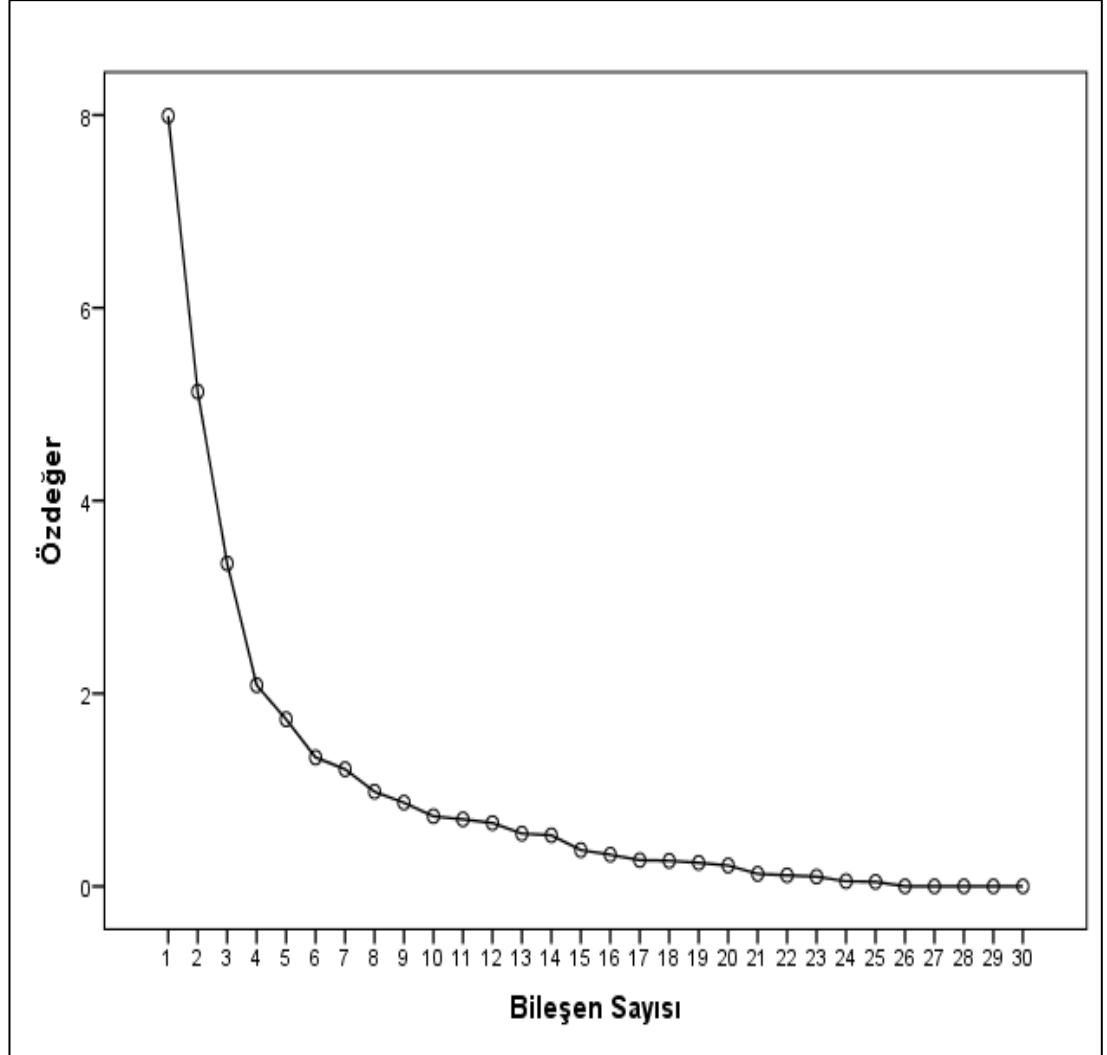
#### 4.4. Topraklardaki Kemometrik İlişkiler

Topraklarda belirlenen fosfor fraksiyonları ile tanımlayıcı toprak özelliklerine veri azaltma yöntemi olan temel bileşen analizi (PCA) uygulanmıştır. Temel bileşen analizi, orijinal  $p$  değişkenini daha az sayıda varyans yapısı ve bu değişkenlerin lineer bileşenleri olan yeni değişkenlerle ifade etmektir. PCA, aralarında korelasyon bulunan  $p$  sayıda değişkenin açıkladığı yapıyı, aralarında korelasyon olmayan ve sayıca orijinal değişken sayısından daha az sayıda, orijinal değişkenlerin doğrusal bileşenleri olan değişkenlerle açıklanmaktadır. Veri matrisindeki  $p$  değişkenin doğrusal bileşenlerini bulmak için korelasyon matrisi kullanılmıştır.

Temel bileşenlere ait özdeğerler Çizelge 4. 8'de, grafik gösterimi ise Şekil 4.1'de verilmiştir. Özdeğer grafiğinde belirgin dirseğin olduğu noktanın üzerinde kalan ya da özdeğeri 1'den büyük olan komponentler verilerin tanımlanmasında kullanılmıştır. Çizelge 4.8 incelendiğinde özdeğeri 1'den büyük olan 7 ayrı bileşenin bulunduğu gözlenmektedir. Bu bileşenlerle toplamda meydana gelen varyansın % 76.14' ü açıklanabilmektedir. Birinci temel bileşen varyansın % 26.63 'lük bir kısmını açıklarken; ikinci ve üçüncü temel bileşenler sırasıyla % 17.10 ve % 11.16' lük bir kısmını açıklayabilmektedir.

Birinci temel bileşen fosfor fraksiyonlarından hareketliliği yüksek  $\text{NaHCO}_3\text{-Pt}$ ,  $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$ ,  $\text{NaOH-Pi}$ ,  $\text{NaOH-Pt}$ , Toplam-P, Ca-P,  $\text{NaHCO}_3\text{-Po}$ , CBD-P, Res-P; toprak özelliklerinden OM,  $\text{AMnOx}$ , yarayışlı K, EC, kum, aktif kireç, TotMnOx, kireç, Na, yarayışlı Mg arasında pozitif yükleme değerleri; MnOx, kil, KDK, pH, silt, yarayışlı Ca ve  $\text{AmFeOx}$  özellikleri arasında negatif yükleme değerleri mevcuttur (Çizelge 4.9). İkinci temel bileşenle fosfor fraksiyonlarından potansiyel olarak bitkiye yarayışlılığı düşük olan olan Res-P, Ca-P ve Toplam-P ile yarayışlılığı yüksek-orta derecede olan  $\text{NaHCO}_3\text{-Po}$  ve  $\text{NaHCO}_3\text{-Pt}$  fraksiyonlarıyla, toprak özelliklerinden yarayışlı Ca, K, Mg, KDK, kil, EC, silt, aktif kireç, pH, kireç, OM,  $\text{AMnOx}$ , TotFeOX ve TotMNOx miktarlarıyla pozitif;  $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$ ,  $\text{NaOH-Pt}$ ,  $\text{NaOH-Pi}$ ,  $\text{NaOH-Po}$ , CBD-P, kum, Na,  $\text{AMnOx}$ ,  $\text{AmFeOx}$  ile negatif ilişkilidir. Üçüncü temel bileşenle fosfor fraksiyonlarından  $\text{NaHCO}_3\text{-Pt}$ ,

NaHCO<sub>3</sub>-Pi, NaHCO<sub>3</sub>-Po, NaOH-Pt, NaOH-Pi, NaOH-Po, CBD-P, Res-P, toprak özelliklerinden yarıyıslı K, Mg, KDK, kil, EC, MnOx, AMnOx, TotMnOx, AmFeOx, TotFeOx miktarlarıyla pozitif ve bu fraksiyonlarla negatif ilişkisi olan Ca-P, Toplam-P, silt, aktif kireç, pH, kireç, OM, pH, Na, yarıyıslı Ca yüksek yükleme değerlerine sahip olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.1. Temel bileşenlere ait özdeğer grafiği

Çizelge 4.8. Temel bileşenlerle açıklanan varyanslar

| Bileşenler | Başlangıç Özdeğerleri |            |             | Döndürülmüş Kareli Yüklerin Toplamı |           |             |
|------------|-----------------------|------------|-------------|-------------------------------------|-----------|-------------|
|            | Toplam                | % Varyans  | % Kümülatif | Toplam                              | % Varyans | % Kümülatif |
| 1          | 7.992                 | 26.639     | 26.639      | 7.992                               | 26.639    | 26.639      |
| 2          | 5.131                 | 17.103     | 43.741      | 5.131                               | 17.103    | 43.741      |
| 3          | 3.350                 | 11.165     | 54.907      | 3.350                               | 11.165    | 54.907      |
| 4          | 2.086                 | 6.955      | 61.861      | 2.086                               | 6.955     | 61.861      |
| 5          | 1.733                 | 5.778      | 67.639      | 1.733                               | 5.778     | 67.639      |
| 6          | 1.337                 | 4.457      | 72.097      | 1.337                               | 4.457     | 72.097      |
| 7          | 1.215                 | 4.050      | 76.147      | 1.215                               | 4.050     | 76.147      |
| 8          | 0.982                 | 3.275      | 79.422      |                                     |           |             |
| 9          | 0.869                 | 2.896      | 82.317      |                                     |           |             |
| 10         | 0.727                 | 2.424      | 84.741      |                                     |           |             |
| 11         | 0.695                 | 2.316      | 87.057      |                                     |           |             |
| 12         | 0.658                 | 2.194      | 89.250      |                                     |           |             |
| 13         | 0.547                 | 1.824      | 91.074      |                                     |           |             |
| 14         | 0.530                 | 1.767      | 92.841      |                                     |           |             |
| 15         | 0.376                 | 1.254      | 94.095      |                                     |           |             |
| 16         | 0.328                 | 1.094      | 95.189      |                                     |           |             |
| 17         | 0.272                 | 0.907      | 96.096      |                                     |           |             |
| 18         | 0.265                 | 0.884      | 96.980      |                                     |           |             |
| 19         | 0.244                 | 0.815      | 97.795      |                                     |           |             |
| 20         | 0.216                 | 0.720      | 98.516      |                                     |           |             |
| 21         | 0.130                 | 0.433      | 98.949      |                                     |           |             |
| 22         | 0.114                 | 0.381      | 99.330      |                                     |           |             |
| 23         | 0.100                 | 0.335      | 99.664      |                                     |           |             |
| 24         | 0.053                 | 0.178      | 99.842      |                                     |           |             |
| 25         | 0.047                 | 0.157      | 100         |                                     |           |             |
| 26         | 2.927E-06             | 9.756E-06  | 100         |                                     |           |             |
| 27         | 3.250E-08             | 1.083E-07  | 100         |                                     |           |             |
| 28         | 6.611E-09             | 2.204E-08  | 100         |                                     |           |             |
| 29         | 2.593E-18             | 8.642E-18  | 100         |                                     |           |             |
| 30         | -1.361E-16            | -4.536E-16 | 100         |                                     |           |             |

Çizelge 4.9. Temel bileşenlerle toprak özellikleri arasındaki korelasyon matrisi

| <b>Toprak özellikleri</b> | <b>PC1</b> | <b>PC2</b> | <b>PC3</b> | <b>PC4</b> | <b>PC5</b> | <b>PC6</b> | <b>PC7</b> |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| NaHCO <sub>3</sub> -Pt    | 0.920      | 0.003      | 0.146      | 0.135      | -0.134     | 0.019      | -0.054     |
| NaHCO <sub>3</sub> -Pi    | 0.901      | -0.004     | 0.161      | 0.187      | -0.108     | -0.024     | -0.044     |
| NaHCO <sub>3</sub> -Po    | 0.631      | 0.039      | 0.006      | -0.198     | -0.214     | 0.240      | -0.084     |
| NaOH-Pt                   | 0.882      | -0.135     | 0.134      | -0.039     | -0.134     | 0.059      | 0.164      |
| NaOH-Pi                   | 0.894      | -0.101     | 0.129      | 0.015      | -0.055     | 0.088      | 0.067      |
| NaOH-Po                   | 0.244      | -0.200     | 0.068      | -0.253     | -0.398     | -0.112     | 0.488      |
| CBD-P                     | 0.601      | -0.064     | 0.013      | -0.501     | -0.050     | 0.172      | 0.134      |
| Ca-P                      | 0.713      | 0.185      | -0.258     | -0.171     | 0.413      | -0.156     | 0.008      |
| Res-P                     | 0.305      | 0.249      | 0.209      | -0.406     | 0.379      | 0.121      | -0.399     |
| Toplam-P                  | 0.860      | 0.148      | -0.069     | -0.264     | 0.314      | -0.036     | -0.055     |
| OM                        | 0.747      | 0.136      | -0.030     | -0.197     | -0.158     | 0.203      | -0.026     |
| Kireç                     | 0.218      | 0.279      | -0.819     | 0.156      | -0.070     | 0.271      | -0.050     |
| Aktif Kireç               | 0.281      | 0.583      | -0.422     | -0.005     | 0.100      | 0.219      | -0.006     |
| pH                        | -0.051     | 0.472      | -0.455     | 0.236      | 0.362      | -0.220     | 0.277      |
| EC                        | 0.309      | 0.612      | 0.081      | 0.344      | -0.218     | -0.339     | 0.038      |
| Kum                       | 0.290      | -0.828     | -0.070     | 0.130      | 0.242      | -0.213     | -0.126     |
| Silt                      | -0.041     | 0.547      | -0.373     | -0.056     | -0.019     | 0.375      | 0.372      |
| Kil                       | -0.347     | 0.661      | 0.377      | -0.126     | -0.302     | -0.010     | -0.121     |
| KDK                       | -0.067     | 0.832      | 0.409      | -0.049     | -0.057     | -0.011     | -0.042     |
| Ca                        | -0.031     | 0.908      | -0.136     | 0.137      | -0.082     | 0.012      | -0.017     |
| K                         | 0.371      | 0.530      | 0.144      | 0.097      | -0.056     | -0.500     | -0.013     |
| Mg                        | 0.054      | 0.509      | 0.153      | -0.041     | 0.421      | -0.122     | 0.412      |
| Na                        | 0.153      | -0.455     | -0.101     | 0.076      | -0.345     | -0.159     | 0.391      |
| MnOx                      | -0.533     | 0.268      | 0.456      | 0.016      | -0.106     | 0.210      | 0.040      |
| AMnOx                     | 0.383      | -0.017     | 0.415      | 0.664      | 0.130      | 0.239      | -0.018     |
| TotMNOx                   | 0.259      | 0.020      | 0.427      | 0.668      | 0.130      | 0.223      | -0.008     |
| AmFeOx                    | -0.021     | -0.326     | 0.323      | 0.069      | 0.555      | 0.172      | 0.368      |
| TotFeOX                   | -0.320     | 0.065      | 0.728      | -0.173     | 0.072      | 0.307      | 0.194      |
| TZn                       | 0.157      | 0.188      | 0.578      | -0.381     | 0.125      | -0.328     | 0.032      |

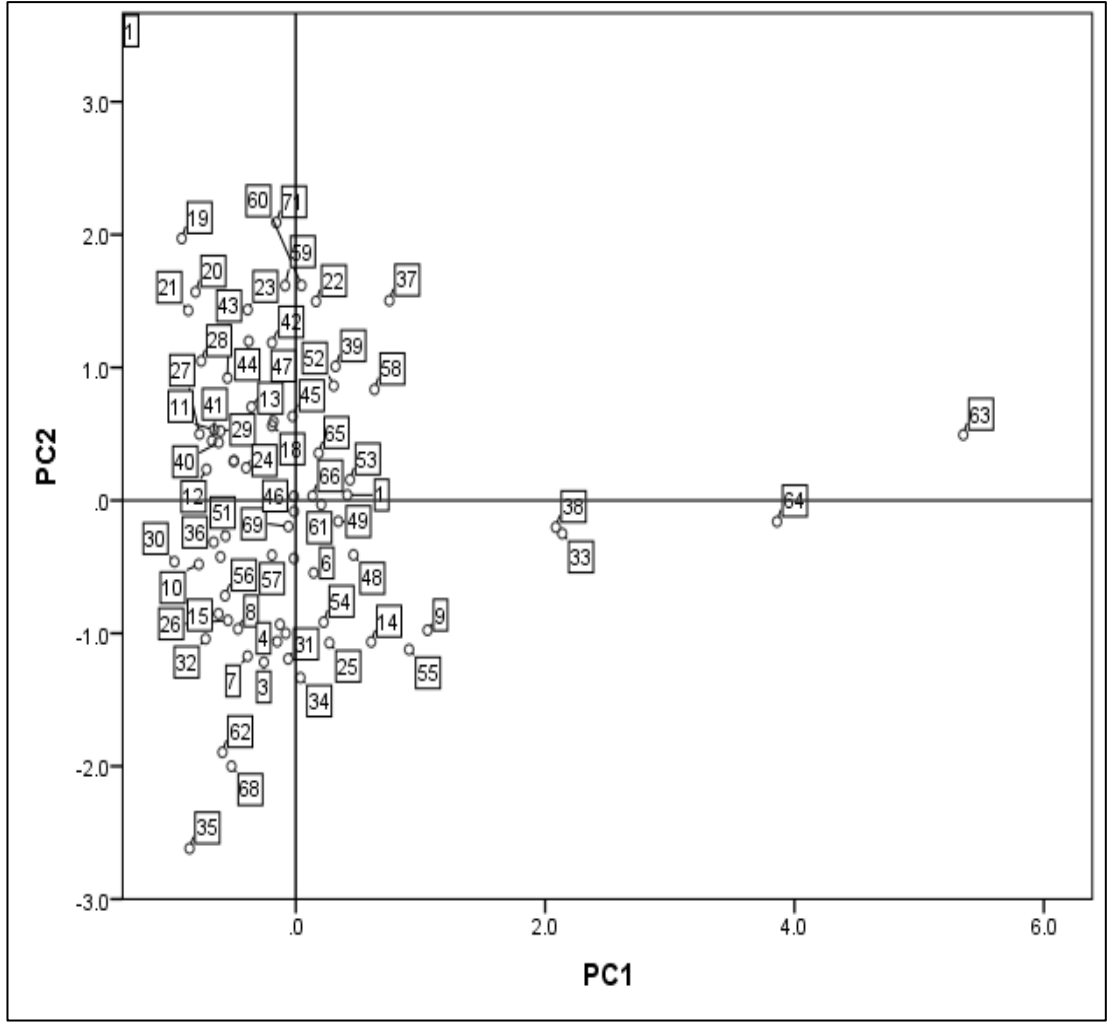
PC1 ve PC2 'nin dağılım grafiği incelendiğinde bazı toprakların önemli farklılıklar gösterdiği anlaşılmaktadır. "0" dan geçen ana hatlar aslında temel bileşenlerinin en etkili olduğu hattı göstermektedir. Hatların arasında kalan toprak örneklerinin davranışı ise iki temel bileşen ile ilişkili toprak özellikleri tarafından etkilenmektedir.

Bu açıdan X eksenine paralel "0" noktasında geçen hattın negatif ucunda yer alan topraklar (51, 36, 30, 50) PC1 ile negatif yükleme değerleri veren toprak özellikleriyle yani; kil, MnOx, TotFeOx miktarı ile ilişkili olup büyük ölçüde toprak oluşum süreçlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Hattın sağ ucunda yer alan topraklar (38, 33, 64) ise PC1 ile pozitif yükleme değerleri veren NaHCO<sub>3</sub>-Pt, NaHCO<sub>3</sub>-Pi, NaHCO<sub>3</sub>-Po, NaOH-Pt, NaOH-Pi, CBD-P, Ca-P, toplam P ki bu özellikler topraklarda fosfor gübrelemesinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu özelliklere ilave olarak kısmen toprak amenajman pratiklerinin kısmen de toprak oluşum süreçlerinin etkisi altında olan OM (0.747) pozitif yükleme değerine sahiptir (Şekil 4.2). Bu da toprakların fosfor yayayışlılığında OM maddenin önemli bir katkısının olduğunu göstermektedir. Nitekim yapılan çalışmalar topraklara organik madde ilavesinin yayayışlı P miktarını arttırdığını (Uygur ve Karabacak, 2009) ve gerek düşük molekül ağırlıklı organik asitlerin (Moradi vd., 2012; Oral, 2013) gerekse kompleks humus bileşenlerinin topraklarda fosforla adsorpsiyon rekabetine girerek yayayışlı P mktarlarını arttırdığı bildirilmiştir.

Y eksenine paralel "0" noktasında geçen hattın negatif ucunda yer alan topraklar (68, 35, 62, 34) PC2 ile negatif yükleme değerleri veren toprak özellikleriyle yani; kum ve AmFeOx, Na miktarı ile hattın üst ucunda yer alan topraklar (71, 60, 59, 23, 22) ise PC2 ile pozitif yükleme değerleri veren toprak özelliklerinden aktif kireç, EC, pH, silt, kil, KDK, yayayışlı K, Ca ve Mg değişkenlerinin etkisi altındadır (Şekil 4.2). Negatif yükleme değeri veren parametreler genel itibarıyla topraktan P kayıplarını tetikleyebilecek özelliklerdir. Kumun yüksek olması kolayca yıkanmayı sağlayıp fosforun toprakta tutulmasını önlemektedir. AmFeOx ise toprakta göreceli olarak fosforun bitkiye yayayışlı olan fraksiyonlardan sonraki çözünürlüğü en yüksek P yapılarıdır. Sodyum ise

organik maddenin çözünürlüğünü arttırarak adsorpsiyon yüzeylerinde yarayışlı P ile rekabete neden olabilmektedir. Tüm bunların sonucunda P miktarı azalma eğilimi gösterebilmektedir. Bunun aksine pozitif uçta fosforun toprakta tutulmasına yardımcı olabilecek toprak özellikleri çoğunluktadır. Özellikle NH<sub>4</sub>-Asetat ile ekstrakte edilebilir Ca miktarı KDK ile birlikte ki en yüksek yükleme değerlerini vermiştir P nin toprakta yarayışsız olarak tutulmasında en önemli etkenlerdendir ve Ca-P kireçli alkalin topraklarda termodinamik açıdan en stabil P katı fazıdır (Lindsay, 2001; Uygur ve Karabatak, 2009). Nitekim bir diğer Ca sağlayan toprak özelliği olan aktif kireçle olan yüksek yükleme de bu durumu desteklemektedir.

İki temel bileşenin arasında ekstrem davranış gösteren 37 nolu toprak PC1 ve PC2 ile pozitif ilişki gösteren değişkenlere bağlı bir davranış göstermektedir. 55, 9, 14 nolu topraklar ise PC2 ile negatif PC1 ile pozitif yüklemeler veren toprak özelliklerinin bir sonucu olarak diğer topraklardan belirgin bir şekilde ayrılmıştır. 19, 20 ve 21 nolu topraklar ise PC1 ile negatif PC2 ile pozitif yükleme değerleri veren toprak özellikleri nedeniyle farklıdır. 7, 8, 15, 32, ve 56 nolu toprakların farklı davranmasında ise her iki temel bileşenlerle negatif yükleme değerlerine sahip toprak bileşenleri rol oynamaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. PC1 ve PC2 nin dağılımı

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

### 5.1. Tartışma

#### 5.1.1. NaHCO<sub>3</sub>-P fraksiyonu

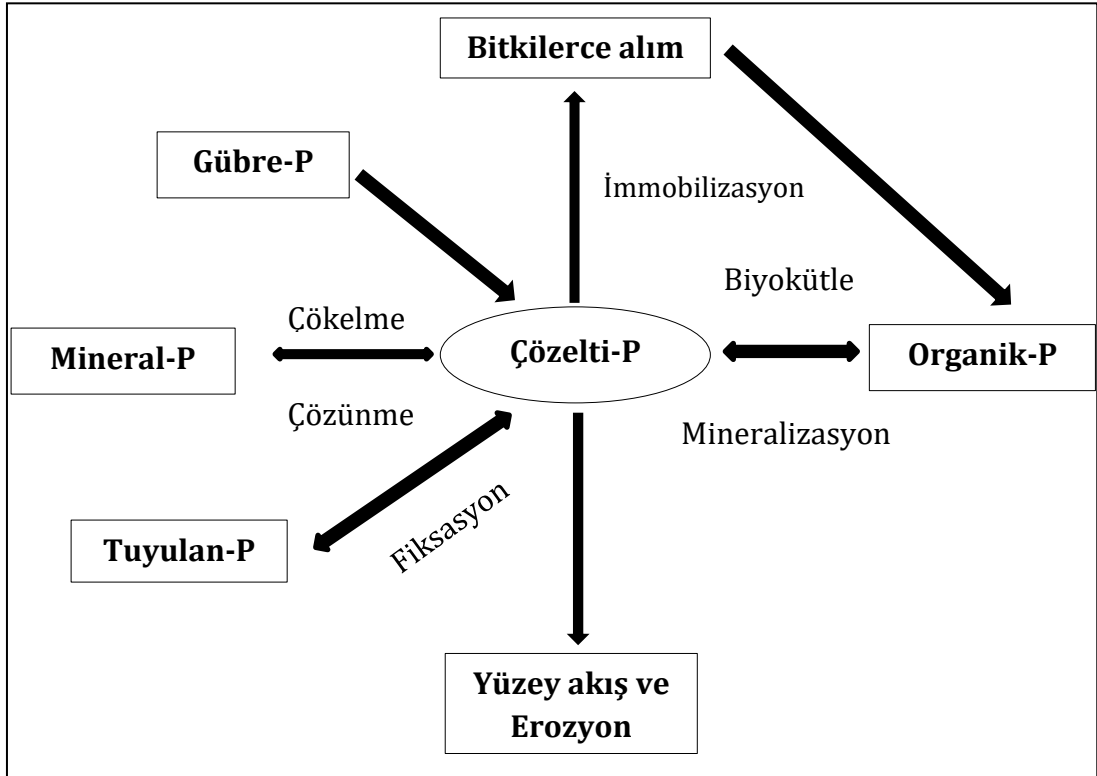
Topraklarının yarayışlı fosfor fraksiyonları organik ve inorganik olmak üzere ikiye ayrılmış ve belirlenmiştir. Atabey Ovası topraklarının NaHCO<sub>3</sub>-Po fraksiyonun miktarları (0.27 – 20.52 mg kg<sup>-1</sup>) arasında olup, ortalama değer 2.75 mg kg<sup>-1</sup> dir (Çizelge 4.2). Bazı topraklarda bu fraksiyondaki fosfor konsantrasyonunun oldukça yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Bu da sürekli yapılan aşırı gübrelemelerin bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Bu fraksiyonla toprak özellikleri arasındaki korelasyon analizleri OM miktarı ( $r = 0.569^{**}$ ), yarayışlı fosfor ( $r = 0.516^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pt ( $r = 0.63^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pi ( $r = 0.51^{**}$ ), NaOH-Pt ( $r = 0.760^{**}$ ), NaOH-Pi ( $r = 0.537^{**}$ ), CBD-P ( $r = 0.529^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.336^{**}$ ) ve Toplam-P ( $r = 0.472^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon, MnOx ( $r = -0.261^{*}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların NaHCO<sub>3</sub>-Po ile ekstrakte edilebilir fosfor fraksiyonlarının OM, yarayışlı fosfor, NaHCO<sub>3</sub>-Pt, NaHCO<sub>3</sub>-Pi, NaOH-Pt, NaOH-Pi, CBD-P, Ca-P ve toplam-P arasındaki pozitif ilişki topraklarda organik maddenin artmasına bağlı olarak -ki bu genelde çok yıllık bitkilerin özellikle meyve ağaçlarının arazide bulunması ile ilgilidir- arazilerin artan miktarda gübrenmesinin sonucunda ortaya çıkmış olabileceğine işaret etmektedir. MnOx ile negatif ilişki ise MnOx katı fazının P adsorpsiyon kapasitesinin yüksek olması ile açıklanabilir. Nitekim Alovise vd. (2016), inorganik P gübrelemelerinin orta derece labil ve labil P fraksiyonlarını önemli derecede arttırdığını göstermiştir. Diğer taraftan yarayışlı fosfora en fazla katkının organik P fraksiyonlarından NaHCO<sub>3</sub>-Po fraksiyonununundan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Aşırı gübrelemenin olmadığı kuru tarım şartlarında ise fosforun göreceli olarak bitkiye yarayışlı fraksiyonlarda çok daha az bulunduğu belirlenmiştir (Shukla vd., 2016).

Topraklarının  $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$  fraksiyonun miktarları ( $3.91 - 96.68 \text{ mg kg}^{-1}$ ) arasında olup, ortalama değer ( $18.67 \text{ mg kg}^{-1}$ ) dir (Çizelge 4.2). Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonuna bakıldığında,  $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$  fraksiyonu ile OM miktarı ( $r = 0.617^{**}$ ), EC ( $r = 0.411^{**}$ ), kum ( $r = 0.259^*$ ), K ( $r = 0.369^{**}$ ),  $\text{AMnOx}$  ( $r = 0.449^{**}$ ),  $\text{TMnOx}$  ( $r = 0.325^{**}$ ),  $\text{NaHCO}_3\text{-Pt}$  ( $r = 0.98^{**}$ ),  $\text{NaHCO}_3\text{-Po}$  ( $r = 0.516^{**}$ ),  $\text{NaOH-Pt}$  ( $r = 0.524^{**}$ ),  $\text{NaOH-Pi}$  ( $r = 0.780^{**}$ ),  $\text{CBD-P}$  ( $r = 0.465^{**}$ ),  $\text{Ca-P}$  ( $r = 0.457^{**}$ ) ve Toplam-P ( $r = 0.646^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon, kil ( $r = -0.255^*$ ) ve  $\text{MnOx}$  ( $r = -0.367^{**}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların  $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$  ile ekstrakte edilebilir fosfor fraksiyonlarının OM, EC, kum, K,  $\text{AMnOx}$ ,  $\text{TMnOx}$ ,  $\text{NaHCO}_3\text{-Pt}$ ,  $\text{NaHCO}_3\text{-Po}$ ,  $\text{NaOH-Pt}$ ,  $\text{NaOH-Pi}$  içeriği,  $\text{CBD-P}$ ,  $\text{Ca-P}$  ve toplam-P arasındaki pozitif ilişki gübreleme programıyla açıklanabilir.  $\text{MnOx}$ , kil değerinin içeriğinin azalması, yarıyışlı fosfor miktarını artırmaktadır ki bunun da adsorpsiyon mekanizmaları ile ilişkili olduğu düşünülebilir. Lyons ve ark. (1998) nehir topraklarda inorganik fosforun kapasitesi drenaj nedeniyle değiştiğini bildirmişlerdir. Maranguit vd. (2017) Mevcut P fraksiyonları ( $\text{H}_2\text{O-Pi}$ ,  $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$  ve  $\text{Po}$ ) ile toplam organik P miktarı ve karbon içeriği arasında güçlü bir pozitif korelasyon gözlenmiştir.

Topraklardaki dinamik denge çerçevesinde herhangi bir elementin toprak çözeltisindeki konsantrasyonu ya da değişebilir miktarları Şekil 5.1 de gösterilen kompleks reaksiyonlar sonucunda ortaya çıkmaktadır. Ancak, bu etkenlerin intensite faktörüne, iyonun toprak çözeltisindeki konsantrasyonuna, göreceli etkisi çevre şartlarına ve elementin özelliklerine bağlı olarak önemli ölçüde değişim gösterebilir.

Topraklarının  $\text{NaHCO}_3\text{-Pt}$  fraksiyonun miktarları ( $5.17 - 117.21 \text{ mg kg}^{-1}$ ) arasında olup, ortalama değer ( $21.42 \text{ mg kg}^{-1}$ ) dir (Çizelge 4.2). Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonuna bakıldığında,  $\text{NaHCO}_3\text{-Pt}$  fraksiyonları ile OM miktarı ( $r = 0.653^{**}$ ), EC ( $r = 0.393^{**}$ ), kum ( $r = 0.244^*$ ), K ( $r = 0.347^{**}$ ), yarıyışlı fosfor ( $r = 0.989^{**}$ ),  $\text{AMnOx}$  ( $r = 0.429^{**}$ ),  $\text{TMnOx}$  ( $r = 0.302^*$ ),  $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$  ( $r = 0.98^{**}$ ),

NaHCO<sub>3</sub>-Po ( $r = 0.635^{**}$ ), NaOH-Pt ( $r = 0.775^{**}$ ), NaOH-Pi ( $r = 0.795^{**}$ ), CBD-P ( $r = 0.509^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.469^{**}$ ) ve Toplam-P ( $r = 0.663^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon, Kil ( $r = -0.243^*$ ) ve MnOx ( $r = -0.375^{**}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların NaHCO<sub>3</sub>-Pt ile ekstrakte edilebilir fosfor fraksiyonlarının OM, EC, kum, K, yarayışlı fosfor, AMnOx, TMnOx, NaHCO<sub>3</sub>-Pi, NaHCO<sub>3</sub>-Po, NaOH-Pt, NaOH-Pi, CBD-P, Ca-P ve toplam-P arasındaki pozitif ilişki özellikle toplam P ile olan pozitif ilişki yapılan gübrelemenin etkisini açıkça ortaya koymaktadır. MnOx, Kil değerinin içeriğinin azalması adsorpsiyon yüzeylerinin azalması anlamına geldiğinden NaHCO<sub>3</sub> ile ekstrakte edilebilen nispeten düşük enerji ile bağlanan toplam fosfor miktarını artırmaktadır.



Şekil 5.1. Tarım topraklarında fosfor döngüsü (Karaman, 2012).

### 5.1.2. NaOH-P Fraksiyon

Topraklarının NaOH-P fraksiyonları organik ve inorganik olmak üzere ikiye ayrılmış ve ardışık olarak iki farklı ekstraksiyon çözeltisi ile belirlenmiştir. Bu

fraksiyon topraklarda orta derecede yayırlı olan genellikle oksit minereallerinin hidroksi yüzeylerinde nispeten düşük enerji ile tutulmuş bir fraksiyondur. Çoğunlukla bu fraksiyonda bulunan fosforun Al oksit yüzeyleriyle ilişkili olduğu bildirilmektedir. Ayrıca kısmen organik maddeden kaynaklanan fosforda bu yöntemle ekstrakte edilir.

Atabey Ovası topraklarının NaOH-Po fraksiyonun miktarları (0.5– 31.20 mg kg<sup>-1</sup>) arasında olup, ortalama değer 7.23 mg kg<sup>-1</sup> dir (Çizelge 4.2). Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonuna bakıldığında, NaOH-Po fraksiyonu ile OM miktarı ( $r = 0.254^*$ ), yayırlı Na ( $r = 0.300^*$ ), NaOH-Pt ( $r = 0.431^{**}$ ), NaOH-Pi ( $r = 0.238^*$ ), arasında önemli pozitif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların NaOH-Po fraksiyonu; OM, yayırlı Na, NaOH-Pt, NaOH-Pi içeriği arasındaki pozitif ilişki temelde farklı nedenlerle açıklanabilir: i) NaOH alkali olması nedeniyle önemli miktarlarda organik maddeyi ekstrakte edebilmektedir, ii) Organik madde veya toprak organik maddesinin humik asit ve fulvik asit gibi fraksiyonları topraktaki adsorpsiyon yüzeyleri için fosfat iyonlarıyla rekabet halindedir. Yi-Chao vd. (2015), NaHCO<sub>3</sub> ile ekstrakte edilebilir inorganik P ve NaOH ile ekstrakte edilebilen organik P'nin, minerla P gübrelemeyle önemli ölçüde ilişkili olduğunu göstermiştir. Bunun aksine Samadi ve Gilkes (1998), Batı Avustralya'daki bakir ve gübrelenmiş kalkerli topraklarda Al-P ve Fe-P'nin P'nin en önemli formlarından olduğunu göstermiştir.

Topraklarının NaOH-Pi fraksiyonun miktarları (25.99 – 226.63 mg kg<sup>-1</sup>) arasında olup, ortalama değer (69.43 mg kg<sup>-1</sup>) dir (Çizelge 4.2). Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonuna bakıldığında, NaOH-Pi fraksiyonu ile OM miktarı ( $r = 0.616^{**}$ ), kum ( $r = 0.269^*$ ), K ( $r = 0.369^{**}$ ), AMnOx ( $r = 0.431^{**}$ ), TMnOx ( $r = 0.278^*$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pt ( $r = 0.795^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pi ( $r = 0.780^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Po ( $r = 0.524^{**}$ ), NaOH-Pt ( $r = 0.979^{**}$ ), NaOH-Po ( $r = 0.238^*$ ), CBD-P ( $r = 0.551^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.457^{**}$ ) ve Toplam-P ( $r = 0.733^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon, kil ( $r = -0.255^*$ ) ve MnOx ( $r = -0.398^{**}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların NaOH -Pi ile ekstrakte edilebilir

fosfor fraksiyonlarının OM, kum, K, AMnOx, TMnOx, NaHCO<sub>3</sub>-Pt, NaHCO<sub>3</sub>-Pi, NaHCO<sub>3</sub>-Po, NaOH-Pt, NaOH-Po içeriği, CBD-P, Ca-P ve toplam-P arasındaki pozitif ilişki bu fraksiyonun bağlandığı yüzeylerle (genellikle Fe, Al ve Mn oksitlerin OH yüzeylerine bağlanır), MnOx ve kil miktarıyla azalması ise daha önce belirtildiği üzere adsorpsiyon mekanizmalarının bir fonksiyonudur. Saltali vd. (2007), çayır alanlarının tarım alanına dönüştürülmesiyle organik ve inorganik P fraksiyonlarının önemli ölçüde azaldığını göstermiştir. Shukla ve ark. (2016), Orta Hindistan'ın Sidhi bölgesinde hidrofobik ve kuru tarım yönetimi altında 20 farklı alanın toprak verimliliğini değerlendirmek için sıralı ekstraksiyon yöntemi ile P fraksiyonlarını belirledi. Fosforun oransal miktarları; Res-P > DNR-P > NaOH-Pi > HCl-Pi > HA-P > KCl-Pi şeklinde bulunmuştur. Uygur vd. (2017) yapmış oldukları çalışmada CBD ile ekstra edilebilen Fe ve Al ile NaOH-Pi arasında önemli ilişkiler belirlemişlerdir. Özellikle fazla gübreleme yapılan arazilerde toprağa ilave edilen P öncelikle adsorpsiyon reaksiyonlarıyla ya da çökeltme reaksiyonlarıyla tamponlanmaktadır. Bu açıdan oksit minerallerin yüzeyleri mineral P nin adsorpsiyonunda önemli bir bileşendir (He vd., 1994; Violante ve Pigna 2002; Wei vd., 2014). Muljadi vd. (1966) ve Wang vd. (2013) topraklarda amorf yapıda bulunan Fe/Al oksitlerin toplam içerisinde küçük paya sahip olmasına rağmen kristalize oksitlere göre 10 kat daha fazla P adsorbe ettiğini bildirmişlerdir. Tüm bu literatürler bu fraksiyondaki yüksek P miktarlarını önemli ölçüde açıklamaktadır.

Topraklarının NaOH-Pt fraksiyonun miktarları (28.04 – 257.83 mg kg<sup>-1</sup>) arasında olup, ortalama değer (76.66 mg kg<sup>-1</sup>) dir (Çizelge 4.2). Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonuna bakıldığında, NaOH-Pt fraksiyonu ile OM miktarı ( $r = 0.626^{**}$ ), kum ( $r = 0.274^{*}$ ), K ( $r = 0.255^{*}$ ), yarıyışlı fosfor ( $r = 0.760^{**}$ ), AMnOx ( $r = 0.384^{**}$ ), TMnOx ( $r = 0.254^{*}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pt ( $r = 0.775^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pi ( $r = 0.760^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Po ( $r = 0.524^{**}$ ), NaOH-Pi ( $r = 0.979^{**}$ ), NaOH-Po ( $r = 0.431^{**}$ ), CBD-P ( $r = 0.551^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.543^{**}$ ) ve Toplam-P ( $r = 0.716^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon, kil ( $r = -0.282^{*}$ ) ve MnOx ( $r = -0.395^{**}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Bu ilişkilere de bir önceki fraksiyondaki ile benzer açıklamalar söylenebilir.

### 5.1.3. CBD-P Fraksiyon

Atabey Ovası topraklarının CBD-P fraksiyonunun miktarları (41.78– 312.6 mg kg<sup>-1</sup>) arasında olup, ortalama değer 127.59 mg kg<sup>-1</sup> dir (Çizelge 4.2). Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonuna bakıldığında, CBD-P fraksiyonu ile OM miktarı ( $r = 0.469^{**}$ ), yarayışlı fosfor ( $r = 0.465^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pt ( $r = 0.509^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pi ( $r = 0.465^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Po ( $r = 0.529^{**}$ ), NaOH-Pt ( $r = 0.551^{**}$ ), NaOH-Pi ( $r = 0.551^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.421^{**}$ ) ve Toplam-P ( $r = 0.598^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon, MnOx ( $r = -0.252^{*}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların CBD-P ile ekstrakte edilebilir fosfor fraksiyonunun; OM, NaHCO<sub>3</sub>-Pt, NaOH-Pt, NaHCO<sub>3</sub>-Pi, NaHCO<sub>3</sub>-Po, NaOH-Pt, NaOH-Pi, Ca-P, toplam P içeriği arasındaki pozitif ilişki genelde gübreleme uygulamalarıyla açıklanabilir. Zira herhangi bir toprağa ne kadar fazla gübre uygulanırsa kısa vadede yarayışlılığı yüksek olan fraksiyonlarda (NaHCO<sub>3</sub> ve NaOH ile ekstrakte edilebilen fraksiyonlar) uzun vadede ise yüksek miktardaki ilavelerin tamponlanmasına dönük çözünürlüğü düşük fraksiyonlarda (CBD-P, Ca-P ve toplam P) artış gerçekleşir. Solis ve Torrent (1989) Topraktaki fosfor sitrat-bikarbonat-ditiyonit ekstraksiyonu oklude fosfor fraksiyonunun CBD ile ekstrakte edilen Fe ile ve oklude P' nin Fe-P minerallerinin kristal örgüsüyle ilişkili olduğunu bildirmiştir. Korkmaz (2005), kireçli topraklarda fosfor kullanabilme becerisini incelediği çalışmada kireçli topraklarda CBD fraksiyonunun Ca-P fraksiyonundan sonraki en fazla bulunan fraksiyon olduğunu belirlemişlerdir. Bu durum Ca-P bileşiklerinin alkaline kireçli şartlarda daha stabil ve Fe çözünürlüğünün düşük olduğu düşünüldüğünde (Lindsay, 1979; Uygur ve Karabatak, 2009) beklenen bir durumdur. Ancak yine de bu yüksek konsantrasyonlar, Fe oksit yüzeylerinin P adsorpsiyonunda ne denli önemli olduğunu açıkça göstermektedir.

#### 5.1.4. Ca-P Fraksiyon

Bu fraksiyon P girdisi ve kireç içeriği yüksek olan topraklarda genellikle önemli miktarlarda bulunabilmektedir. Topraklarının Ca-P fraksiyonun miktarları ( $200.2 - 1454.9 \text{ mg kg}^{-1}$ ) arasında olup, ortalama değer  $573.1 \text{ mg kg}^{-1}$  dir (Çizelge 4.2). Topraklarının oransal olarak (% 28.83 – % 73.96) arasında olup, ortalama değer (% 50.36) tür (Çizelge 4.4). Bu fraksiyonla toprak özelliklerinden OM miktarı ( $r = 0.502^{**}$ ), kireç ( $r = 0.314^{**}$ ), aktif kireç ( $r = 0.473^{**}$ ), pH ( $r = .257^*$ ), yarayışlı K ( $r = 0.365^{**}$ ), yarayışlı Mg ( $r = 0.246^*$ ), yarayışlı fosfor ( $r = 0.457^{**}$ ),  $\text{NaHCO}_3\text{-Pt}$  ( $r = 0.469^{**}$ ),  $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$  ( $r = 0.457^{**}$ ),  $\text{NaHCO}_3\text{-Po}$  ( $r = 0.336^{**}$ ),  $\text{NaOH-Pt}$  ( $r = 0.543^{**}$ ),  $\text{NaOH-Pi}$  ( $r = 0.555^{**}$ ), CBD-P ( $r = 0.421^{**}$ ), Res-P ( $r = 0.352^{**}$ ) ve toplam-P ( $r = 0.924^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon, kil ( $r = -0.264^*$ ),  $\text{MnOx}$  ( $r = -0.472^{**}$ ),  $\text{TFeOx}$  ( $r = -0.414^{**}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). Toprakların Ca-P ile ekstrakte edilebilir fosfor fraksiyonlarının OM olan ilişkisi bitki örtüsünden kaynaklanan gübreleme uygulamaları ile açıklanabilirken, diğer özelliklerle olan pozitif korelasyonlar yörede uygulanan fosforlu gübrelemenin bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Negatif ilişkiler ise ilave edilen P nin Ca-P fraksiyonunda birikmesine engel olan toprak özellikleriyle ilgilidir. Patiram vd. (1990) Sikkem yöresi asit topraklarında P'nin farklı formları arasında Fe-P'nin hakim olduğunu bulmuşlardır; Al-P veya Ca-P'nin yaklaşık 1.5 katı olmakla birlikte, Al-P ve Ca-P'nin fraksiyonlarının önemli miktarda değişmediğini bulmuşlardır. Tandon (1987), Hindistan topraklarında Ca-P'nin, çoğu nötür ile kireçli topraklarda toplam P'nin yaklaşık %40-50'sini oluşturduğu bildirmişlerdir. Wang vd. (2014) biyo-kömür uygulamasının kumlu tekstüre sahip toprakta P salınımını ve toprak-bitki sisteminde biyo-kömür fosforunun döngüsünü inceledikleri çalışmalarına fosfor salınımının Ca-P> biyo-kömür> biyo-katı>SPR şeklinde gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Nitekim bu çalışmada Ca-P fraksiyonu ile kil,  $\text{MnOx}$  ve  $\text{TFeOx}$  özellikleri arasında negatif ilişkiler bulunmuştur. Yani sözkonusu toprak bileşenlerinin yüksek olduğu durumlarda toprağa ilave edilen P nin Ca-P fraksiyonu yerine kil ve Fe/Mn oksitlerle adsorpsiyon ve/ veya çökeltme reaksiyonlarına neden olabileceği düşünülmektedir.

### 5.1.5. Bakiye-P fraksiyonu

Atabey Ovası topraklarının Res-P fraksiyonun miktarları (55.27 – 490.4 mg kg<sup>-1</sup>) arasında olup, ortalama değer 215.4 mg kg<sup>-1</sup> dir (Çizelge 4.2). Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonuna bakıldığında, Res-P fraksiyonu ile OM miktarı ( $r = 0.291^*$ ), KDK ( $r = 0.295^*$ ), T-Zn ( $r = 0.353^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.352^{**}$ ) ve Toplam-P ( $r = 0.556^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7). KDK ile olan ilişki toprak oluşum süreçlerinde P'yi tutabilme yeteneği yüksek kil minerallerinden dolayı bir artışa işaret ederken; OM, TZn bitki örtüsü kaynaklı fosfor idaresinin bir fonksiyonu ve genelde özellikle son yıllarda Zn katkılı birincil element gübrelerinin yağın olarak kullanımını ya da fosforlu gübrelerin içerisinde üretim teknolojilerinden kaynaklanan Zn' nin yüksekliğiyle açıklanabilir. Ayrıca organik madde ile olan ilişki topraklarda gerek genetik gerekse amenajman kaynaklı organik madde artışında toplam fosforun önemli bir kısmının organik madde içerisinde yer aldığına işaret etmektedir. Patiram vd. (1990), Rezidüel P'nin toplam ve organik P ile yüksek oranda ilişkili olduğunu, ancak diğer inorganik P formlarıyla negatif bir ilişkiye sahip olduğunu bildirmiştir. Walkers ve Syers (1976) nın önerdiği “konseptüel model” e göre toprak oluşumu sırasında anamateryaldeki P nin önemli bir kısmı apatit formunda bulunmaktadır. Tecezzi sürecinin ilerlemesine bağlı olarak bu fosfor yavaş yavaş bitkiye yarıyışlılığı daha yüksek olan fraksiyonlara dönüştüğünü bildirmişlerdir. Bu yaklaşımın tersi düşünüldüğünde aşırı gübreleme yapıldığında topraklarda termodinamik açıdan stabil olan apatit mineralinin oluşması söz konusu olabilir. Gerek ayrışmanın göreceli olarak daha gerçekleştiği gerekse aşırı gübrelemenin yaygın olduğu çalışma alanı topraklarında bakiye fraksiyonu yüksek olması bu bağlamda beklenen bir urumdur. Shukla vd. (2016) ve Uygur vd. (2017) yapmış oldukları çalışmalarda kireçli topraklarda bakiye fraksiyonun göreceli olarak daha yüksek miktarlarda bulunduğunu tespit etmişlerdir.

#### 5.1.6. Toplam-P fraksiyon

Bu fraksiyon, her topraktaki ayrı fraksiyonlar toplanarak elde edilen fraksiyondur. Ova topraktaki toplam fraksiyonlarda fosfor konsantrasyonu (540.9 – 2621.1 mg kg<sup>-1</sup>) arasında olup, ortalama değeri 1112.3 mg kg<sup>-1</sup> dir (Çizelge 4.2). Alt değerler tipik kurak yarı kurak bölge topraklarının toplam P içeriğini yansıtmaktadır. Ancak 1112,3'e ulaşan ortalama ve 2621 mg kg<sup>-1</sup>'e ulaşan üst değerler ova topraklarında toprak oluşum süreçleri ya da toprak idaresinden kaynaklanan önemli miktarda fosfor birikimine işaret etmektedir.

Topraklarının tanımlayıcı toprak özellikleri ile fosfor fraksiyonları arasında yapılan Pearson korelasyonuna bakıldığında, toplam-P fraksiyonu ile OM miktarı ( $r = 0.632^{**}$ ), aktif Kireç ( $r = 0.405^{**}$ ), yarayıslı K ( $r = 0.361^{**}$ ), yarayıslı fosfor ( $r = 0.646^{**}$ ), T-Zn ( $r = 0.241^{*}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pt ( $r = 0.663^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Pi ( $r = 0.646^{**}$ ), NaHCO<sub>3</sub>-Po ( $r = 0.472^{**}$ ), NaOH-Pt ( $r = 0.716^{**}$ ), NaOH-Pi ( $r = 0.733^{**}$ ), CBD-P ( $r = 0.598^{**}$ ), Ca-P ( $r = 0.924^{**}$ ) ve Res-P ( $r = 0.556^{**}$ ) arasında önemli pozitif korelasyon, Kil ( $r = -0.249^{*}$ ), MnOx ( $r = -0.447^{**}$ ), TFeOX ( $r = -0.286^{*}$ ) arasında önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7).

Yang ve Post (2011) toprak oluşum süreçlerinin topraktaki toplam P içeriğini incelediği çalışmada toplam P nin 193-903 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiğini belirlemiştir. Bu bağlamda bu çalışmadaki bir çok toprağın toplam P içeriği bu sınıf içerisinde yer alırken önemli miktarda özellikle de aşırı gübrelemenin yapıldığı topraklarda toplam P içeriği 2621.1 mg kg<sup>-1</sup> seviyesine kadar ulaşmıştır. Benzer şekilde Uygur vd. (2017) yaptıkları çalışmada çok daha yüksek konsantrasyonlar da tespit etmişlerdir.

## 5.2. Sonuçlar

Atabey Ovasından 20 toprak serisinden alınan toplam 71 adet toprak örneğinde tanımlayıcı detaylı analizler yapılmıştır. Tanımlayıcı analizler topraklarda belirli bir benzerlik olmasına rağmen bazı toprakların belirgin şekilde farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur.

Örneğin ova genelinde ortalama organik madde %2'den daha az olmasına rağmen bir toprak örneğinde organik madde % 6.94 bir toprak örneğinde ise % 4.36 gibi oldukça sıra dışı bir değer gözlenmiştir. Benzer şekilde bir toprakta % 0.51 organik madde içeriği düşük aşırı değer olarak bulunmuştur. Diğer özelliklerde de benzer durumlar bulunmaktadır. Bu ekstrem durumların ortaya çıkmasında toprak oluşum faktörleri ile arazinin yönetimi etken rol oynamıştır.

Fosforunun ova topraklarındaki detaylı şekilde incelenmesi için topraklara 5 aşamalı kademeli ekstraksiyon yöntemi başarı ile uygulanmıştır. Bu topraklarda fosfor fraksiyonları  $\text{NaHCO}_3\text{-Pt}$ ,  $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$ ,  $\text{NaHCO}_3\text{-Po}$ ,  $\text{NaOH-Pt}$ ,  $\text{NaOH-Pi}$ ,  $\text{NaOH-Po}$ ,  $\text{CBD-P}$ ,  $\text{Ca-P}$  ve  $\text{Res-P}$  belirlenmiştir.

Ova Topraklarında fraksiyonların ortalama dağılım sırası büyükten küçüğe doğru;  $\text{Ca-P}$  (% 50.36) >  $\text{Res-P}$  (% 19.94) >  $\text{CBD-P}$  (% 12.17) >  $\text{NaOH-Pt}$  (% 6.94) >  $\text{NaOH-Pi}$  (% 6.24) >  $\text{NaHCO}_3\text{-Pt}$  (% 1.82) >  $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$  (% 1.57) >  $\text{NaOH-Po}$  (% 0.71) >  $\text{NaHCO}_3\text{-Po}$  (% 0.25) şeklinde izlenmiştir.

Topraklarda potansiyel olarak yarıyışlılığı yüksek olan fraksiyonların ortalama miktarının ( $\text{NaOH-Pt} + \text{NaHCO}_3\text{-Pt}$ ) % 8.76 olduğu bu değerinde göreceli olarak bazı topraklarda anormal derecede, çevre kirliliğine neden olabilecek seviyede, yüksek olduğunu göstermektedir.

Değişen toprak özelliklerine göre farklı davranışlar sergileyen toprak yapısında bulunan ve gübreleme ile gelen fosforun bitki tarafından kullanılabilirliğini artırmak ve P kirliliğini azaltmak için toprak özelliklerine göre uygulama şekli ve miktarını dikkatlice belirlemek gerekmektedir.

Alkalın topraklarda pH yükselmesine paralel olarak pH = 8,2 sınırına kadar dikalsiyum fosfat ( $\text{CaHPO}_4$ ) ve trikalsiyum fosfat ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) şeklinde fikse olmakta; pH 8,1'in üzerine çıktığı durumlarda da toprakta Na iyonunun fazlalığı sebebiyle çözünürlüğü yüksek olan sodyum fosfatların oluşabileceği değerlendirilmiştir.

Türkiye içinde bulunduğu iklim kuşağı, jeolojik yapısı ve coğrafi konumundan dolayı, topraklar yüksek kil, kireç, yüksek pH ve düşük organik madde içerikleri sebebiyle topraklarda fosforun bitkilere yarayışlılığı önemli ölçüde sınırlanmakta ve fosforun topraklarda birikerek residual fraksiyonda artış oluşmasına neden olmaktadır.

Fosforu kullanım etkinliklerinin belirlenerek, fosforun yetersiz olduğu koşullarda bile topraklarda bulunan fosfordan etkin bir şekilde yararlanabilecek etkin ve duyarlı bitki çeşitlerinin kullanılması gerekir.

Bu çalışmanın sonuçları, Atabey Ovaları topraklarındaki eksiklik / toksisite mekanizmalarını anlamak için önemli bir veri tabanı oluşturmuştur.

## KAYNAKLAR

- Achat, D.L., Morel, C., Bakker, M.R., Augusto, L., Pellerin, S., Gallet-Budynek, A., Gonzalez, M., 2010. Assessing Turnover of Microbial Biomass Phosphorus: Combination of an Isotopic Dilution Method with a Mass Balance Model. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(12), 2231-2240.
- Achat, D.L., Pousse, N., Nicolas, M., Brédoire, F., Augusto, L., 2016. Soil Properties Controlling Inorganic Phosphorus Availability: General Results from a National Forest Network and a Global Compilation of the Literature. *Biogeochemistry*, 127(2), 255-272.
- Akinremi, O.O., Cho, C.M., 1991. Phosphate and Accompanying Cation Transport in a Calcareous Cation-Exchange Resin System. *Soil Science Society of America Journal*, 55(4), 959-964.
- Akgül, M., Başayığit, L., Uçar, Y., Müjdecı, M., 2001. Atabey Ovası Toprakları. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, (15), 71, Isparta.
- Alovisi, A.M.T., Neto, A.E.F., Serra, A.P., Alovisi, A.A., Tokura, L.K., Lourente, E.R.P., da Silva, R.S., da Silva, C.F.B., Fernandes, J.S., 2016. Phosphorus and Silicon Fertilizer Rates Effects on Dynamics of Soil Phosphorus Fractions in Oxisol Under Common Bean Cultivation. *African Journal of Agricultural Research*, 11(30), 2697-2707.
- Berkman, E. T., Reise, S. P., 2012. A Conceptual Guide to Statistics Using SPSS. Sage ISO 690.
- Brady, N.C., Weil, R.R., 2002. The Nature and Properties of Soils. 13<sup>th</sup> Edition. Prentice Hall, New Jersey, 598p, USA.
- Braschi, I., Ciavatta, C., Giovannini, C., Gessa, C., 2003. Combined Effect of Water and Organic Matter on Phosphorus Availability in Calcareous Soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 67(1), 67-74.
- Daniels, M.B., Delaune, P., Moore, P.A., Mauromoustakos, A., Chapman, S.L., Langston, J. M., 2001. Soil Phosphorus Variability in Pastures. *Journal of Environmental Quality*, 30(6), 2157-2165.
- Dieter, D., Elsenbeer, H., Turner, B.L., 2010. Phosphorus Fractionation in Lowland Tropical Rainforest Soils in Central Panama. *Catena*, 82(2), 118-125.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 143, 90-95s, Erzurum.
- Doolette, A.L., Smernik, R.J., McLaren, T.I., 2017. The Composition of Organic Phosphorus in Soils of the Snowy Mountains Region of South-Eastern Australia. *Soil Research*, 55(1), 10-18.

- Drouineau, G., 1942. Dosage Rapide du Calcaire Actif de Sols. Nouvelles Donnes Sur la Repatition et la Nature des Fractions Calcaires. Annales de Agronomie, 12, 441-450.
- Durgun, B., 2016. Atabey Ovasındaki Toprak Serilerinde Çinko Fraksiyonlarının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 92s, Isparta.
- Gee, G.W., and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. In A. Klute (ed.) Methods of soil analysis (383-411). Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Halajnia, A., Haghnia, G.H., Fotovat, A., Khorasani, R., 2009. Phosphorus Fractions in Calcareous Soils Amended with P Fertilizer and Cattle Manure. Geoderma, 150(1), 209-213.
- Hedley, M.J., Stewart, J.W.B., Chauhan, B.S., 1982. Changes in Inorganic and Organic Soil-Phosphorus Fractions Induced by Cultivation Practices and by Laboratory Incubations. Soil Science Society of America Journal, 46, 970-976.
- He, Z. L., Yang, X., Yuan, K. N., Zhu, Z. X., 1994. Desorption and Plant-availability of Phosphate Sorbed by some Important Minerals. Plant Soil, 162 (1), 89-97.
- Hossner, L.R., 1996. Dissolution for Total Elemental Analysis. Methods of Soil Analysis Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America Journal, Series No: 5, 677p, USA.
- Karaman, M.R., 2012. Bitki Besleme. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 14021, 1066s, Ankara.
- Kaçar, B., Katkat, A.V., 2009. Bitki Besleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 849, 659s, Ankara.
- Kaçar, B., 2013. Temel Gübre Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 695, 502s, Ankara.
- Korkmaz, K., 2005. Kireçli Toprakların Fosfor Durumlarının Belirlenmesi ve Fosfor Uygulamasının Mısır Verimine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 136s, Adana.
- Kuo, S. 1996. Phosphorus, Methods of Soil Analysis Part 3, Chemical Methods (869-920). Soil Science Society of America, Series No: 5, WI, USA.
- Lindsay, W.L., 2001. Chemical Equilibria in Soils. The Blackburn Press, USA.

- Lindsay, W.L., Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Science Society of America journal*, 42(3), 421-428.
- Lindsay, W.L., 1979. *Chemical Equilibria in Soils*. John Wiley and Sons, New York, USA.
- Lyons, J.B., Gorres, J.H., Amador J.A., 1998. Spatial and Temporal Variability of Phosphorus Retention in a Riparian Forest Soil. *Journal of Environmental Quality*, 27, 895-903.
- Maranguit, D., Guillaume, T., Kuzyakov, Y., 2017. Land-Use Change Affects Phosphorus Fractions in Highly Weathered Tropical Soils. *Catena*, 149, 385-393.
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. *Methods of soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition*. Agronomy No: 9, 199-224.
- Mehmood, A., Akhtar, M.S., Khan, K.S., Khalid, A., Imran, M., Rukh, S., 2015. Relationship of Phosphorus Uptake with Its Fractions in Different Soil Parent Materials. *International Journal of Plant and Soil Science*, 4, 45-53.
- Moradi N Sadaghiani MHR Sepehr E Mandoulakani BA., 2012. Effects of Low-Molecularweight Organic Acids on Phosphorus Sorption Characteristics in some Calcareous Soils. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36, 459-468.
- Murphy, J., Riley, J.P., 1962. A Modified Single Solution Method for the Determination of Phosphate in Natural Waters. *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36.
- Muljadi, D., Posner, A. M., Quirk, J.P., 1966. The Mechanism of Phosphate Adsorption by Kaolinite, Gibbsite, and Pseudoboehmite. Part I: The Isotherms and the Effect of pH on Adsorption. *European Journal of Soil Scienc*, 17, 212-228.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. In Page, A.L. et al (Eds) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties* (539-579). Second Edition, Soil Science Society of America, Agronomy No: 9, WI, USA.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe F.S., Dean. L.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. *US. Department of Agriculture, Circ. 939*.

- Olsen, S.R., Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties (403-430). Soil Science Society of America, Agronomy Monograph No: 9, WI, USA.
- Opala, P.A., 2017. Influence of Lime and Phosphorus Application Rates on Growth of Maize in an Acid Soil. Hindawi Publishing Corporation Advances in Agriculture, Article ID 7083206, 1-5.
- Oral, A., 2013. Düşük Molekül Ağırlıklı Organik Asitlerin Arpanın Fosfor Alımına Etkisi. Mustafa kemal Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 57s, Hatay.
- Patiram, R.N., Raj, M.M., Prasad, R.N., 1990. Forms of Soil Phosphorus and Suitable Extactants for Available Phosphorus in Acid Soils of Sikkim. Journal of Indian Society of Soil Science, 38(1), 237-242.
- Rawajfih, Z., Khresat, S., Ryan, J., 2010. Soil Phosphorus Fractions in Calcareous Vertisols and Aridisols of Northern Jordan. Jordan Journal of Agricultural Sciences, 6(3), 411-422.
- Rhoades, J.D., 1982. Cation Exchange Capacity. In Page, A.L. et al (Eds) Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties (149-147). Second Edition, Soil Science Society of America, Agronomy No: 9, WI, USA.
- Samavati, M., Hossinpur, A.R., 2006. Phosphorus Fractions in Selected soils of Hamedan Province and their Correlation with Available Phosphorus. Iranian Journal of Soil and Water Science, 20, 234-248.
- Samadi, A., Gilkes, R.J., 1998. Forms of Phosphorus in Virgin and Fertilized Calcareous Soils of Western Australia. Australian Journal of Soil Research, 36, 585-601.
- Saltali, K., Kılıç, K., Koçyigit, R., 2007. Changes in Sequentially Extracted Phosphorus Fractions in Adjacent Arable and Grassland Ecosystems. Arid Land Research and Management, 21(1), 81-89.
- Solis, P., Torrent, J., 1989. Phosphate Fractions in Calcareous Vertisols and Inceptisols of Spain. Soil Science Society of America Journal, 53, 462-466.
- Shukla, K., Kumar, B., Naaz, A., Narayan, C., 2016. Phosphorus Fractions in Irrigated and Rainfed Agricultural Soils of Central India. Journal of the Indian Society of Soil Science, 64(2), 148-156.
- Shuman, L.M., 1985. Fractionation Method for Soil Microelements. Soil Science, 140(1), 11-22.
- SPSS, I., 2004. SPSS 13.0 for Windows. Chicago, Illinois, USA.

- Şahin, Y., Demirak, A., Keskin, F., 2012. Phosphorus Fractions and Its Potential Release in the Sediments of Koycegiz Lake, Turkey. *Romanian Limnogeographical Association*, 6(2), 139-153.
- Tandon, H.L.S., 1987. Phosphorous Research and Agricultural Production in India. Fertility Development and Consultant Organization. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Greater Kailash 1, New Delhi.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D., 1985. Soil Fertility and Fertilizer, Fourth Edition. Macmillan Publishing Company, 249-291p, New York.
- Uygur, V., Karabatak, I., 2009. The Effect of Organic Amendments on Mineral Phosphate Fractions in Calcareous Soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172(3), 336-345.
- Uygur, V., Durgun, B., Şenol, H., 2017. Chemical Fractions of Phosphorus: The Effect of Soil Orders, Soil Properties, and Land Use, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48, 1319-1335.
- Violante, A., Pigna, M., Ricciardella, M., Gianfreda, L., 2002. Adsorption of Phosphate on Variable Charge Minerals and Soils as Affected by Organic and Inorganic Ligands. *Development in Soil Science*, 28A, 279-295.
- Wang, T., Camps-Arbestain, M., Hedley, M., 2014. The Fate of Phosphorus of Ash-Rich Biochars in a Soil-Plant System. *Plant and Soil*, 375(1), 61-74.
- Wang, X.M., Liu, F., Tan, W., Li, W., Feng, X., Sparks, D. L., 2013. Characteristics of Phosphate Adsorption-desorption onto Ferrihydrite: Comparison with Well-crystalline Fe (hydr)oxides. *Soil Science*, 178 (1), 1-11.
- Wei, S., Tan, W., Liu, F., Zhao, W., Weng. L., 2014. Surface Properties and Phosphate Adsorption of Binary Systems Containing Goethite and Kaolinite. *Geoderma*, 213, 478-484.
- Walker, T., Syers. J., 1976. The Fate of Phosphorus During Pedogenesis. *Geoderma*, 15, 1-19.
- Yang, X., Post. W. M., 2011. Phosphorus Transformations as a Function of Pedogenesis: A Synthesis of Soil Phosphorus Data Using Hedley Fractionation Method. *Biogeosciences*, 8, 2907-16.
- Yi-Chao, S.H.I., Ziadi, N., Messiga, A.J., Lalande, R., Zheng-Yi, H.U., 2015. Soil Phosphorus Fractions Change in Winter in a Corn-Soybean Rotation with Tillage and Phosphorus Fertilization. *Soil Science Society of China*, 25(1), 1-11.

EK A.1. Araştırma toprakların fiziko – kimyasal özellikleri

| NO. | pH   | EC<br>$\mu\text{S cm}^{-1}$ | OM   | Kireç | Aktif<br>kireç | Kum                | Silt | Kil | KDK                   | Ca    | K    | Mg   | Na   | P                   | MnOx | AMnOx | TMnOx | AFeOx | TFeOX | T-Zn  |
|-----|------|-----------------------------|------|-------|----------------|--------------------|------|-----|-----------------------|-------|------|------|------|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |      |                             |      | %     |                | g kg <sup>-1</sup> |      |     | cmol kg <sup>-1</sup> |       |      |      |      | mg kg <sup>-1</sup> |      |       |       |       |       |       |
| 1   | 7.64 | 201                         | 2.26 | 1.90  | 0.90           | 361                | 328  | 311 | 29.70                 | 19.70 | 2.61 | 3.86 | 0.63 | 14.86               | 106  | 136   | 420   | 1544  | 17135 | 66.46 |
| 2   | 7.63 | 216                         | 2.09 | 1.72  | 0.57           | 333                | 329  | 338 | 38.60                 | 17.70 | 3.02 | 3.57 | 0.53 | 14.53               | 101  | 122   | 414   | 1292  | 17082 | 65.32 |
| 3   | 7.73 | 330                         | 1.31 | 1.63  | 1.12           | 588                | 184  | 229 | 23.30                 | 17.10 | 0.85 | 3.43 | 0.68 | 16.57               | 146  | 140   | 433   | 2075  | 14332 | 52.76 |
| 4   | 7.71 | 128                         | 2.06 | 0.66  | 0.52           | 675                | 159  | 167 | 17.10                 | 8.10  | 0.48 | 4.96 | 0.53 | 6.86                | 139  | 99    | 422   | 2280  | 18285 | 57.60 |
| 5   | 7.90 | 302                         | 1.58 | 4.89  | 0.57           | 314                | 310  | 376 | 31.30                 | 28.70 | 2.19 | 8.48 | 0.87 | 13.05               | 174  | 119   | 477   | 3804  | 18193 | 62.85 |
| 6   | 7.88 | 395                         | 2.72 | 15.03 | 1.60           | 290                | 316  | 395 | 32.80                 | 30.00 | 3.06 | 5.84 | 0.71 | 5.33                | 80   | 91    | 358   | 1172  | 13409 | 65.66 |
| 7   | 7.84 | 581                         | 1.92 | 16.44 | 1.05           | 406                | 258  | 336 | 39.80                 | 27.90 | 3.60 | 4.98 | 0.75 | 36.39               | 94   | 75    | 350   | 899   | 9949  | 59.03 |
| 8   | 7.84 | 242                         | 2.22 | 6.22  | 0.97           | 546                | 161  | 293 | 27.90                 | 25.70 | 1.35 | 7.50 | 0.66 | 7.05                | 77   | 50    | 322   | 1176  | 15703 | 55.92 |
| 9   | 7.66 | 762                         | 2.67 | 11.24 | 0.83           | 544                | 164  | 292 | 27.50                 | 25.50 | 3.51 | 3.71 | 0.85 | 87.19               | 124  | 61    | 358   | 1071  | 15595 | 58.81 |
| 10  | 7.83 | 252                         | 2.37 | 14.06 | 0.93           | 406                | 267  | 328 | 34.30                 | 26.00 | 1.31 | 7.23 | 0.60 | 12.29               | 135  | 125   | 563   | 2782  | 16615 | 61.88 |
| 11  | 7.91 | 368                         | 2.72 | 19.09 | 1.58           | 366                | 221  | 413 | 44.00                 | 29.80 | 1.90 | 7.39 | 0.75 | 12.38               | 203  | 135   | 492   | 2072  | 20452 | 57.85 |
| 12  | 7.79 | 210                         | 2.02 | 12.30 | 1.25           | 308                | 250  | 442 | 34.50                 | 33.10 | 1.56 | 4.33 | 0.57 | 12.10               | 209  | 133   | 543   | 1202  | 13189 | 67.90 |
| 13  | 7.89 | 313                         | 2.36 | 9.08  | 1.18           | 269                | 309  | 422 | 44.70                 | 34.90 | 2.44 | 4.41 | 0.59 | 8.95                | 136  | 90    | 430   | 1909  | 18743 | 70.92 |
| 14  | 6,92 | 426                         | 1,79 | 0,93  | 0,58           | 607                | 161  | 232 | 19,40                 | 6,90  | 1,17 | 5,03 | 2,15 | 21.62               | 130  | 78    | 358   | 1721  | 11725 | 58,99 |

EK A.1. Devam

| NO. | pH   | EC<br>$\mu\text{S cm}^{-1}$ | OM   | Kireç | Aktif<br>kireç | Kum                | Silt | Kil | KDK                   | Ca    | K    | Mg    | Na                  | P     | MnOx | AMnOx | TMnOx | AFeOx | TFeOX | T-Zn  |
|-----|------|-----------------------------|------|-------|----------------|--------------------|------|-----|-----------------------|-------|------|-------|---------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |      |                             | %    |       |                | g kg <sup>-1</sup> |      |     | cmol kg <sup>-1</sup> |       |      |       | mg kg <sup>-1</sup> |       |      |       |       |       |       |       |
| 15  | 7.68 | 212                         | 0.51 | 1.59  | 0.68           | 529                | 187  | 284 | 23.20                 | 11.70 | 1.02 | 4.65  | 0.54                | 11.57 | 135  | 96    | 407   | 6158  | 20083 | 58.32 |
| 16  | 7.72 | 212                         | 1.73 | 1.54  | 0.58           | 425                | 310  | 265 | 21.80                 | 14.50 | 0.95 | 7.49  | 0.55                | 29.53 | 152  | 171   | 459   | 8441  | 19122 | 62.09 |
| 17  | 7.75 | 195                         | 1.52 | 1.92  | 0.57           | 566                | 168  | 266 | 24.80                 | 14.40 | 0.94 | 4.96  | 0.61                | 11.81 | 127  | 139   | 420   | 3474  | 19075 | 60.58 |
| 18  | 7.79 | 211                         | 1.46 | 7.23  | 1.22           | 324                | 367  | 310 | 25.90                 | 28.10 | 2.07 | 3.45  | 0.85                | 4.10  | 197  | 127   | 511   | 2382  | 22051 | 71.10 |
| 19  | 7.77 | 490                         | 1.04 | 7.14  | 1.66           | 72                 | 225  | 704 | 61.30                 | 42.00 | 1.43 | 6.55  | 0.08                | 4.86  | 187  | 103   | 523   | 1353  | 18804 | 81.02 |
| 20  | 7.81 | 338                         | 1.40 | 14.46 | 2.05           | 102                | 341  | 557 | 39.10                 | 30.20 | 1.20 | 6.45  | 0.05                | 4.48  | 238  | 62    | 518   | 1370  | 18372 | 54.70 |
| 21  | 7.84 | 438                         | 1.05 | 12.78 | 2.12           | 105                | 396  | 499 | 39.40                 | 31.30 | 1.14 | 5.01  | 0.56                | 4.57  | 239  | 62    | 351   | 1335  | 17975 | 54.42 |
| 22  | 7.84 | 304                         | 1.19 | 2.91  | 0.52           | 173                | 251  | 576 | 45.30                 | 25.20 | 1.41 | 11.94 | 0.61                | 26.48 | 185  | 105   | 287   | 1578  | 21281 | 67.87 |
| 23  | 7.86 | 296                         | 1.96 | 21.29 | 1.23           | 79                 | 405  | 516 | 31.50                 | 31.50 | 1.44 | 4.92  | 0.73                | 4.38  | 202  | 98    | 276   | 2044  | 18743 | 53.40 |
| 24  | 7.84 | 259                         | 2.04 | 35.57 | 1.44           | 265                | 370  | 366 | 31.30                 | 30.30 | 0.80 | 4.52  | 0.59                | 7.14  | 171  | 49    | 355   | 1307  | 13639 | 47.59 |
| 25  | 7.82 | 265                         | 2.04 | 37.47 | 1.59           | 333                | 371  | 297 | 23.40                 | 30.40 | 2.05 | 3.40  | 0.63                | 23.81 | 105  | 22    | 335   | 666   | 10759 | 43.52 |
| 26  | 8.02 | 203                         | 1.47 | 35.88 | 1.23           | 280                | 405  | 315 | 21.00                 | 23.20 | 0.66 | 7.68  | 0.54                | 7.72  | 113  | 10    | 317   | 771   | 10471 | 37.73 |
| 27  | 7.78 | 418                         | 1.76 | 4.19  | 0.66           | 294                | 198  | 508 | 52.00                 | 32.50 | 2.12 | 13.02 | 0.09                | 8.86  | 184  | 72    | 474   | 1017  | 17331 | 66.98 |
| 28  | 7.80 | 465                         | 1.50 | 3.44  | 1.03           | 263                | 162  | 575 | 51.60                 | 34.80 | 2.29 | 9.13  | 0.17                | 13.34 | 226  | 131   | 583   | 1629  | 21348 | 61.61 |

EK A.1. Devam

| NO. | pH   | EC                    | OM   | Kireç | Aktif kireç | Kum                | Silt | Kil | KDK                   | Ca    | K    | Mg    | Na   | P                   | MnOx | AMnOx | TMnOx | AFeOx | TFeOX | T-Zn  |
|-----|------|-----------------------|------|-------|-------------|--------------------|------|-----|-----------------------|-------|------|-------|------|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |      | $\mu\text{S cm}^{-1}$ | %    |       |             | $\text{g kg}^{-1}$ |      |     | $\text{cmol kg}^{-1}$ |       |      |       |      | $\text{mg kg}^{-1}$ |      |       |       |       |       |       |
| 29  | 7.80 | 426                   | 1.58 | 3.09  | 1.03        | 341                | 175  | 485 | 39.50                 | 31.30 | 2.65 | 6.00  | 0.73 | 11.81               | 239  | 168   | 542   | 3761  | 20710 | 66.76 |
| 30  | 7.89 | 387                   | 1.00 | 31.83 | 2.16        | 333                | 261  | 406 | 36.80                 | 37.60 | 1.24 | 1.41  | 0.65 | 5.91                | 158  | 86    | 417   | 2176  | 12753 | 40.69 |
| 31  | 7.99 | 316                   | 2.14 | 7.85  | 2.48        | 521                | 145  | 335 | 32.20                 | 24.70 | 2.36 | 9.92  | 0.73 | 13.29               | 146  | 112   | 475   | 4709  | 14736 | 63.70 |
| 32  | 7.97 | 241                   | 2.24 | 10.27 | 1.18        | 601                | 146  | 254 | 25.20                 | 23.50 | 0.76 | 10.23 | 0.61 | 9.53                | 150  | 118   | 502   | 6774  | 20860 | 57.63 |
| 33  | 7.50 | 473                   | 3.25 | 6.57  | 1.08        | 582                | 164  | 254 | 38.20                 | 23.20 | 2.39 | 5.96  | 0.61 | 93.35               | 146  | 3317  | 3652  | 3924  | 18017 | 60.96 |
| 34  | 7.63 | 395                   | 3.11 | 25.88 | 1.71        | 544                | 222  | 234 | 27.80                 | 28.10 | 1.15 | 2.48  | 0.53 | 29.24               | 96   | 44    | 292   | 1404  | 11794 | 43.43 |
| 35  | 7.80 | 193                   | 1.66 | 41.53 | 1.47        | 653                | 200  | 147 | 11.20                 | 22.20 | 0.41 | 1.20  | 0.68 | 11.24               | 53   | 8     | 191   | 880   | 8572  | 27.28 |
| 36  | 7.74 | 291                   | 1.83 | 3.75  | 1.68        | 497                | 137  | 366 | 32.60                 | 27.00 | 1.15 | 6.25  | 0.80 | 10.29               | 128  | 47    | 2212  | 2011  | 17000 | 59.76 |
| 37  | 7.80 | 458                   | 2.75 | 16.00 | 1.70        | 227                | 287  | 486 | 49.00                 | 36.70 | 1.45 | 10.85 | 0.61 | 30.39               | 189  | 120   | 593   | 2630  | 23464 | 77.08 |
| 38  | 7.79 | 276                   | 3.43 | 24.51 | 2.83        | 368                | 291  | 341 | 39.50                 | 29.80 | 2.09 | 3.72  | 0.62 | 49.34               | 124  | 86    | 452   | 1493  | 16383 | 72.78 |
| 39  | 6.94 | 197                   | 2.50 | 1.37  | 0.99        | 349                | 207  | 444 | 34.70                 | 18.20 | 1.00 | 2.60  | 0.64 | 4.76                | 148  | 81    | 290   | 2278  | 19998 | 66.02 |
| 40  | 7.75 | 275                   | 1.44 | 2.78  | 0.87        | 389                | 188  | 423 | 34.10                 | 28.10 | 1.90 | 1.62  | 0.75 | 11.57               | 222  | 79    | 391   | 1759  | 19530 | 57.68 |
| 41  | 7.70 | 284                   | 1.04 | 4.85  | 0.97        | 430                | 168  | 403 | 37.60                 | 32.00 | 1.50 | 1.41  | 0.68 | 12.19               | 231  | 77    | 328   | 1594  | 18875 | 61.59 |
| 42  | 6.78 | 123                   | 1.98 | 1.32  | 0.92        | 293                | 204  | 503 | 34.70                 | 17.60 | 1.03 | 3.50  | 0.55 | 11.72               | 162  | 68    | 309   | 2071  | 21067 | 67.78 |

EK A.1. Devam

| NO. | pH   | EC<br>$\mu\text{S cm}^{-1}$ | OM   | Kireç | Aktif<br>kireç | Kum                | Silt | Kil | KDK   | Ca                    | K    | Mg    | Na   | P                   | MnOx | AMnOx | TMnOx | AFeOx | TFeOX | T-Zn  |
|-----|------|-----------------------------|------|-------|----------------|--------------------|------|-----|-------|-----------------------|------|-------|------|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |      |                             | %    |       |                | g kg <sup>-1</sup> |      |     |       | cmol kg <sup>-1</sup> |      |       |      | mg kg <sup>-1</sup> |      |       |       |       |       |       |
| 43  | 7.18 | 158                         | 2.12 | 1.19  | 0.55           | 341                | 169  | 490 | 38.20 | 22.80                 | 0.82 | 2.71  | 0.69 | 12.00               | 148  | 63    | 1409  | 2073  | 23194 | 55.87 |
| 44  | 7.11 | 283                         | 1.73 | 1.68  | 0.69           | 311                | 193  | 497 | 33.40 | 20.20                 | 0.93 | 2.99  | 0.54 | 12.10               | 185  | 74    | 455   | 2265  | 23742 | 61.88 |
| 45  | 7.53 | 120                         | 1.99 | 0.93  | 0.57           | 493                | 123  | 384 | 30.60 | 17.00                 | 1.04 | 3.67  | 0.62 | 12.34               | 191  | 71    | 433   | 2434  | 24776 | 58.27 |
| 46  | 7.55 | 164                         | 1.46 | 0.75  | 0.50           | 535                | 168  | 298 | 20.40 | 12.00                 | 0.76 | 2.07  | 0.76 | 14.19               | 213  | 65    | 454   | 2196  | 19996 | 54.47 |
| 47  | 7.10 | 141                         | 3.35 | 0.93  | 0.72           | 420                | 185  | 395 | 32.80 | 16.90                 | 1.25 | 2.71  | 0.60 | 3.91                | 215  | 64    | 423   | 1873  | 20818 | 53.85 |
| 48  | 7.76 | 279                         | 4.36 | 27.46 | 1.28           | 386                | 295  | 320 | 28.10 | 28.50                 | 1.39 | 3.29  | 0.56 | 12.86               | 136  | 30    | 337   | 801   | 14935 | 40.51 |
| 49  | 7.82 | 320                         | 2.72 | 31.70 | 1.86           | 257                | 470  | 272 | 29.50 | 29.00                 | 1.34 | 3.27  | 0.56 | 15.10               | 128  | 16    | 353   | 3276  | 16360 | 57.78 |
| 50  | 7.88 | 204                         | 1.15 | 34.25 | 1.61           | 283                | 356  | 361 | 26.30 | 27.70                 | 0.67 | 2.88  | 0.62 | 14.05               | 150  | 12    | 378   | 1209  | 14928 | 38.54 |
| 51  | 7.92 | 210                         | 1.15 | 19.79 | 1.37           | 380                | 226  | 394 | 26.60 | 26.70                 | 0.93 | 3.65  | 0.74 | 7.33                | 198  | 36    | 439   | 1325  | 15598 | 51.85 |
| 52  | 7.93 | 310                         | 1.67 | 10.23 | 1.54           | 217                | 295  | 488 | 29.80 | 24.50                 | 1.23 | 10.37 | 0.80 | 23.43               | 185  | 71    | 359   | 2085  | 17922 | 64.56 |
| 53  | 7.03 | 153                         | 2.02 | 0.88  | 0.50           | 505                | 161  | 334 | 31.20 | 17.40                 | 0.84 | 2.33  | 0.60 | 14.67               | 166  | 119   | 318   | 2690  | 20773 | 62.19 |
| 54  | 7.30 | 119                         | 1.20 | 1.54  | 0.75           | 665                | 128  | 207 | 18.50 | 8.70                  | 0.73 | 2.92  | 0.55 | 16.62               | 157  | 117   | 385   | 7221  | 21892 | 60.98 |
| 55  | 7.84 | 250                         | 3.19 | 12.08 | 1.39           | 553                | 240  | 208 | 24.70 | 23.30                 | 3.22 | 4.75  | 0.59 | 57.72               | 110  | 77    | 395   | 4248  | 18634 | 57.37 |
| 56  | 8.00 | 244                         | 0.83 | 13.09 | 1.36           | 467                | 263  | 271 | 27.50 | 27.40                 | 1.46 | 5.24  | 0.53 | 16.15               | 153  | 77    | 462   | 1795  | 17216 | 60.31 |

EK A.1. Devam

| NO. | pH   | EC                    | OM   | Kireç | Aktif kireç | Kum                | Silt | Kil | KDK                   | Ca    | K    | Mg    | Na   | P                   | MnOx | AMnOx | TMnOx | AFeOx | TFeOX | T-Zn  |
|-----|------|-----------------------|------|-------|-------------|--------------------|------|-----|-----------------------|-------|------|-------|------|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |      | $\mu\text{S cm}^{-1}$ | %    |       |             | $\text{g kg}^{-1}$ |      |     | $\text{cmol kg}^{-1}$ |       |      |       |      | $\text{mg kg}^{-1}$ |      |       |       |       |       |       |
| 57  | 7.79 | 268                   | 1.52 | 9.30  | 1.46        | 398                | 247  | 355 | 40.20                 | 29.30 | 2.42 | 8.89  | 0.08 | 13.81               | 168  | 101   | 494   | 1493  | 15984 | 60.75 |
| 58  | 7.65 | 471                   | 2.66 | 10.60 | 2.20        | 149                | 339  | 513 | 54.90                 | 37.00 | 3.47 | 9.13  | 0.24 | 13.5                | 171  | 124   | 499   | 1011  | 15457 | 67.99 |
| 59  | 7.90 | 370                   | 1.35 | 5.82  | 1.32        | 6                  | 295  | 699 | 48.80                 | 35.60 | 2.33 | 3.81  | 0.61 | 14.7                | 176  | 137   | 520   | 1736  | 20950 | 89.95 |
| 60  | 7.86 | 367                   | 2.17 | 6.61  | 1.71        | 54                 | 289  | 657 | 51.30                 | 33.40 | 3.06 | 9.65  | 0.22 | 12                  | 180  | 139   | 543   | 1918  | 23073 | 58.48 |
| 61  | 7.93 | 276                   | 2.13 | 12.34 | 1.71        | 424                | 222  | 354 | 37.10                 | 24.70 | 1.65 | 7.05  | 0.58 | 14.6                | 158  | 118   | 530   | 1902  | 17497 | 59.73 |
| 62  | 7.57 | 105                   | 0.65 | 1.37  | 0.61        | 695                | 118  | 187 | 17.30                 | 7.00  | 0.82 | 3.52  | 0.51 | 13.3                | 118  | 79    | 394   | 1450  | 15159 | 90.51 |
| 63  | 7.32 | 377                   | 6.94 | 23.23 | 1.77        | 506                | 222  | 272 | 36.80                 | 27.20 | 1.83 | 6.13  | 0.66 | 96.6                | 78   | 52    | 337   | 1247  | 14353 | 75.58 |
| 64  | 7.65 | 360                   | 4.79 | 22.70 | 2.28        | 379                | 286  | 335 | 34.50                 | 28.70 | 2.23 | 5.68  | 0.60 | 68                  | 70   | 54    | 348   | 1129  | 13048 | 67.84 |
| 65  | 7.03 | 153                   | 1.43 | 1.19  | 0.52        | 489                | 147  | 365 | 35.80                 | 16.00 | 0.69 | 2.13  | 0.55 | 4.48                | 158  | 107   | 319   | 2273  | 19529 | 65.39 |
| 66  | 7.21 | 260                   | 2.35 | 1.28  | 0.57        | 521                | 165  | 314 | 26.40                 | 16.50 | 1.02 | 1.99  | 0.57 | 21.8                | 184  | 135   | 318   | 2877  | 21718 | 56.94 |
| 67  | 7.71 | 441                   | 2.38 | 7.01  | 0.50        | 339                | 174  | 487 | 47.20                 | 36.50 | 2.30 | 3.78  | 0.56 | 17.81               | 129  | 91    | 336   | 2203  | 17876 | 64.07 |
| 68  | 8.03 | 229                   | 2.04 | 13.82 | 1.40        | 675                | 154  | 171 | 19.50                 | 21.80 | 1.09 | 5.17  | 0.72 | 17.9                | 91   | 60    | 317   | 1985  | 14827 | 68.52 |
| 69  | 7.98 | 296                   | 2.17 | 11.42 | 0.74        | 281                | 301  | 418 | 44.60                 | 27.60 | 1.40 | 15.84 | 0.19 | 13.5                | 149  | 99    | 436   | 1383  | 13914 | 64.26 |
| 70  | 7.89 | 194                   | 1.77 | 15.03 | 0.66        | 506                | 306  | 188 | 27.00                 | 21.50 | 1.05 | 5.68  | 1.06 | 26.7                | 130  | 85    | 416   | 2164  | 13950 | 80.48 |
| 71  | 7.75 | 432                   | 2.73 | 7.82  | 1.91        | 146                | 667  | 187 | 62.93                 | 41.60 | 1.21 | 13.09 | 0.73 | 7.43                | 155  | 197   | 661   | 3612  | 28490 | 57.90 |

EK A.2. Toprak örneklerinin kademeli ekstraksiyonun farklı aşamalarında içerdiği fosfor konsantrasyonları.

| Toprak<br>NO | NaHCO <sub>3</sub> -P |       |      | NaOH-P |        |       | CBD-P  | Ca-P    | Res-P  | Toplam-P |
|--------------|-----------------------|-------|------|--------|--------|-------|--------|---------|--------|----------|
|              | Pt                    | Pi    | Po   | Pt     | Pi     | Po    |        |         |        |          |
|              | mg kg <sup>1</sup>    |       |      |        |        |       |        |         |        |          |
| 1            | 18.23                 | 14.86 | 3.37 | 119.56 | 109.96 | 9.60  | 195.76 | 401.64  | 73.70  | 946.68   |
| 2            | 16.05                 | 14.53 | 1.53 | 107.92 | 103.73 | 4.19  | 133.09 | 429.68  | 105.58 | 916.3    |
| 3            | 18.23                 | 16.57 | 1.65 | 102.63 | 101.16 | 1.48  | 146.24 | 590.11  | 103.16 | 1081.23  |
| 4            | 12.42                 | 6.86  | 5.56 | 95.76  | 72.38  | 23.38 | 106.00 | 595.45  | 55.27  | 973.08   |
| 5            | 13.45                 | 13.05 | 0.40 | 86.76  | 64.64  | 22.12 | 108.33 | 456.16  | 74.55  | 839.46   |
| 6            | 11.13                 | 5.33  | 5.79 | 80.41  | 59.71  | 20.71 | 111.94 | 1120.36 | 99.52  | 1514.9   |
| 7            | 39.84                 | 36.39 | 3.46 | 81.47  | 77.96  | 3.51  | 41.78  | 565.75  | 125.46 | 975.62   |
| 8            | 13.45                 | 7.05  | 6.41 | 66.66  | 44.03  | 22.63 | 57.77  | 608.47  | 111.16 | 937.63   |
| 9            | 91.85                 | 87.19 | 4.66 | 91.00  | 84.19  | 6.81  | 165.84 | 582.10  | 139.88 | 1253.52  |
| 10           | 12.68                 | 12.29 | 0.39 | 50.26  | 46.39  | 3.87  | 56.48  | 574.76  | 128.97 | 886.09   |
| 11           | 12.94                 | 12.38 | 0.55 | 46.56  | 45.32  | 1.24  | 102.39 | 364.48  | 129.46 | 715.32   |
| 12           | 12.68                 | 12.10 | 0.58 | 41.79  | 36.94  | 4.85  | 97.49  | 438.58  | 147.28 | 792.29   |
| 13           | 9.57                  | 8.95  | 0.62 | 67.19  | 52.40  | 14.79 | 151.14 | 597.12  | 137.10 | 1038.88  |
| 14           | 22.31                 | 21.62 | 0.69 | 137.55 | 114.47 | 23.08 | 167.90 | 554.07  | 151.28 | 1192.97  |
| 15           | 12.79                 | 11.57 | 1.21 | 64.54  | 57.13  | 7.42  | 144.69 | 566.75  | 124.37 | 990.47   |
| 16           | 30.01                 | 29.53 | 0.48 | 53.96  | 47.46  | 6.50  | 203.75 | 636.51  | 150.07 | 1158.27  |
| 17           | 12.42                 | 11.81 | 0.61 | 93.11  | 90.85  | 2.27  | 190.08 | 645.52  | 146.67 | 1193.34  |
| 18           | 8.54                  | 4.10  | 4.44 | 49.73  | 47.89  | 1.84  | 160.68 | 516.02  | 201.46 | 994.7    |
| 19           | 8.28                  | 4.86  | 3.42 | 31.21  | 28.35  | 2.86  | 88.21  | 265.68  | 132.85 | 565.72   |
| 20           | 9.06                  | 4.48  | 4.58 | 28.04  | 25.99  | 2.05  | 103.68 | 248.55  | 114.55 | 540.98   |
| 21           | 8.28                  | 4.57  | 3.71 | 32.80  | 30.71  | 2.09  | 96.98  | 257.90  | 114.91 | 551.95   |
| 22           | 26.91                 | 26.48 | 0.43 | 106.87 | 95.14  | 11.72 | 203.75 | 247.44  | 125.10 | 843.84   |
| 23           | 8.80                  | 4.38  | 4.42 | 32.27  | 25.99  | 6.28  | 182.09 | 245.21  | 110.55 | 619.99   |
| 24           | 8.54                  | 7.14  | 1.39 | 62.96  | 53.26  | 9.69  | 138.24 | 330.21  | 139.52 | 750.95   |
| 25           | 24.32                 | 23.81 | 0.51 | 105.67 | 96.81  | 8.86  | 150.37 | 902.79  | 111.90 | 1425.04  |
| 26           | 9.31                  | 7.72  | 1.60 | 74.31  | 64.41  | 9.91  | 104.46 | 603.32  | 132.39 | 1007.43  |
| 27           | 9.57                  | 8.86  | 0.71 | 67.35  | 65.42  | 1.93  | 73.25  | 659.09  | 166.00 | 1052.18  |
| 28           | 16.30                 | 13.34 | 2.96 | 51.09  | 49.01  | 2.08  | 64.22  | 613.86  | 172.08 | 984.94   |
| 29           | 13.45                 | 11.81 | 1.64 | 75.48  | 72.91  | 2.56  | 72.73  | 615.18  | 198.17 | 1063.93  |
| 30           | 8.02                  | 5.91  | 2.12 | 33.67  | 31.80  | 1.88  | 90.53  | 645.92  | 120.12 | 939.97   |

EK A.2. Devam

| Toprak<br>NO | NaHCO <sub>3</sub> -P |       |       | NaOH-P |        |       | CBD-P  | Ca-P    | Res-P  | Toplam-P |
|--------------|-----------------------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|---------|--------|----------|
|              | Pt                    | Pi    | Po    | Pt     | Pi     | Po    |        |         |        |          |
|              | mg kg <sup>-1</sup>   |       |       |        |        |       |        |         |        |          |
| 31           | 13.97                 | 13.29 | 0.68  | 84.77  | 84.05  | 0.71  | 160.17 | 1040.67 | 230.71 | 1629.02  |
| 32           | 10.09                 | 9.53  | 0.57  | 61.54  | 58.94  | 2.60  | 84.08  | 713.54  | 183.99 | 1124.88  |
| 33           | 100.91                | 93.35 | 7.56  | 210.17 | 207.39 | 2.78  | 114.26 | 862.83  | 209.50 | 1808.75  |
| 34           | 29.75                 | 29.24 | 0.51  | 84.77  | 84.25  | 0.51  | 95.17  | 549.31  | 229.99 | 1103.5   |
| 35           | 12.68                 | 11.24 | 1.44  | 46.45  | 44.96  | 1.48  | 105.23 | 490.04  | 124.77 | 838.29   |
| 36           | 11.13                 | 10.29 | 0.84  | 60.38  | 43.75  | 16.63 | 81.24  | 428.12  | 234.04 | 886.42   |
| 37           | 31.05                 | 30.39 | 0.66  | 130.05 | 107.34 | 22.71 | 82.28  | 656.45  | 333.91 | 1394.84  |
| 38           | 49.68                 | 49.34 | 0.34  | 140.50 | 110.79 | 29.72 | 197.05 | 1454.96 | 372.69 | 2405.07  |
| 39           | 8.28                  | 4.76  | 3.52  | 70.83  | 55.90  | 14.93 | 160.17 | 322.74  | 223.44 | 864.57   |
| 40           | 13.33                 | 11.57 | 1.76  | 49.93  | 38.68  | 11.25 | 111.94 | 380.70  | 187.09 | 806.25   |
| 41           | 13.65                 | 12.19 | 1.46  | 54.57  | 43.95  | 10.63 | 106.78 | 344.69  | 180.78 | 768.7    |
| 42           | 13.33                 | 11.72 | 1.62  | 49.93  | 37.27  | 12.66 | 76.86  | 200.23  | 188.05 | 591.67   |
| 43           | 13.64                 | 12.00 | 1.63  | 44.12  | 40.71  | 3.42  | 78.66  | 209.89  | 155.63 | 559.7    |
| 44           | 12.83                 | 12.10 | 0.74  | 42.96  | 35.04  | 7.92  | 127.41 | 201.11  | 167.79 | 607.9    |
| 45           | 13.10                 | 12.34 | 0.77  | 82.44  | 52.46  | 29.99 | 126.64 | 333.28  | 218.43 | 869.45   |
| 46           | 14.98                 | 14.19 | 0.79  | 106.83 | 77.77  | 29.05 | 128.18 | 335.47  | 188.76 | 896.02   |
| 47           | 5.17                  | 3.91  | 1.27  | 51.09  | 49.22  | 1.88  | 78.92  | 268.73  | 220.70 | 680.89   |
| 48           | 18.27                 | 12.86 | 5.41  | 63.86  | 63.19  | 0.67  | 163.00 | 870.77  | 196.03 | 1394.06  |
| 49           | 16.87                 | 15.10 | 1.77  | 102.67 | 98.23  | 4.44  | 90.53  | 776.40  | 284.25 | 1390.26  |
| 50           | 14.42                 | 14.05 | 0.37  | 68.83  | 66.23  | 2.60  | 65.25  | 515.95  | 200.88 | 948.58   |
| 51           | 10.87                 | 7.33  | 3.53  | 72.33  | 70.89  | 1.45  | 96.98  | 518.01  | 186.01 | 967.4    |
| 52           | 34.06                 | 23.43 | 10.63 | 72.33  | 71.09  | 1.24  | 164.04 | 365.53  | 171.38 | 913.73   |
| 53           | 15.24                 | 14.67 | 0.57  | 103.83 | 102.08 | 1.76  | 181.83 | 529.55  | 243.78 | 1193.31  |
| 54           | 23.19                 | 16.62 | 6.57  | 99.17  | 98.23  | 0.94  | 119.42 | 665.13  | 251.34 | 1280.61  |
| 55           | 58.47                 | 57.72 | 0.75  | 120.17 | 116.86 | 3.30  | 128.70 | 624.74  | 322.53 | 1433.24  |
| 56           | 17.76                 | 16.15 | 1.61  | 57.17  | 55.70  | 1.47  | 104.46 | 492.05  | 340.08 | 1086.45  |
| 57           | 14.23                 | 13.81 | 0.42  | 53.67  | 49.82  | 3.84  | 135.92 | 979.77  | 395.42 | 1646.9   |
| 58           | 14.86                 | 13.5  | 1.33  | 96.83  | 94.38  | 2.45  | 142.63 | 1032.93 | 490.49 | 1889.43  |
| 59           | 15.24                 | 14.7  | 0.52  | 54.83  | 53.67  | 1.16  | 126.38 | 552.21  | 434.91 | 1253.64  |
| 60           | 13.33                 | 12    | 1.28  | 65.33  | 63.19  | 2.14  | 142.63 | 663.48  | 391.03 | 1354.46  |
| 61           | 21.99                 | 14.6  | 7.32  | 60.67  | 58.33  | 2.34  | 177.70 | 615.27  | 287.66 | 1245.95  |
| 62           | 13.60                 | 13.3  | 0.27  | 50.17  | 49.62  | 0.55  | 117.61 | 687.79  | 258.17 | 1191.12  |

EK A.2. Devam

| Toprak<br>NO | NaHCO <sub>3</sub> -P |       |       | NaOH-P |       |       | CBD-P  | Ca-P    | Res-P  | Toplam-P |
|--------------|-----------------------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|---------|--------|----------|
|              | Pt                    | Pi    | Po    | Pt     | Pi    | Po    |        |         |        |          |
|              | mg kg <sup>-1</sup>   |       |       |        |       |       |        |         |        |          |
| 63           | 117.21                | 96.6  | 20.52 | 257.83 | 226.6 | 31.20 | 305.12 | 1189.32 | 376.65 | 2621.16  |
| 64           | 86.93                 | 68    | 18.92 | 186.67 | 183.5 | 3.17  | 312.60 | 1385.27 | 361.29 | 2606.36  |
| 65           | 11.38                 | 4.48  | 6.91  | 65.33  | 63.60 | 1.74  | 136.44 | 300.42  | 451.73 | 1042.03  |
| 66           | 22.51                 | 21.8  | 0.70  | 58.33  | 57.52 | 0.81  | 134.89 | 348.22  | 465.63 | 1110.42  |
| 67           | 19.21                 | 17.81 | 1.39  | 53.67  | 52.46 | 1.21  | 82.53  | 314.84  | 323.99 | 867.11   |
| 68           | 19.21                 | 17.9  | 1.30  | 46.67  | 45.77 | 0.89  | 119.42 | 694.39  | 218.67 | 1164.23  |
| 69           | 14.96                 | 13.5  | 1.39  | 44.33  | 43.14 | 1.19  | 159.6  | 1028.60 | 448.81 | 1755.64  |
| 70           | 31.31                 | 26.7  | 4.59  | 40.83  | 39.90 | 0.93  | 119.4  | 496.99  | 376.16 | 1136.85  |
| 71           | 8.80                  | 7.43  | 1.37  | 37.33  | 36.66 | 0.67  | 106.7  | 372.95  | 325.21 | 897.2    |

EK A.3. Toprak örneklerinin kademeli ekstraksiyonun farklı aşamalarında içerdiği fosforun oransal dağılımı.

| Toprak<br>NO | NaHCO <sub>3</sub> -P |      |      | NaOH-P |       |      | CBD-P | Ca-P  | Res-P |
|--------------|-----------------------|------|------|--------|-------|------|-------|-------|-------|
|              | Pt                    | Pi   | Po   | Pt     | Pi    | Po   |       |       |       |
|              | %                     |      |      |        |       |      |       |       |       |
| 1            | 1.93                  | 1.57 | 0.36 | 12.63  | 11.62 | 1.01 | 20.68 | 42.43 | 7.79  |
| 2            | 1.75                  | 1.59 | 0.17 | 11.78  | 11.32 | 0.46 | 14.52 | 46.89 | 11.52 |
| 3            | 1.69                  | 1.53 | 0.15 | 9.49   | 9.36  | 0.14 | 13.53 | 54.58 | 9.54  |
| 4            | 1.28                  | 0.70 | 0.57 | 9.84   | 7.44  | 2.40 | 10.89 | 61.19 | 5.68  |
| 5            | 1.60                  | 1.55 | 0.05 | 10.34  | 7.70  | 2.64 | 12.90 | 54.34 | 8.88  |
| 6            | 0.73                  | 0.35 | 0.38 | 5.31   | 3.94  | 1.37 | 7.39  | 73.96 | 6.57  |
| 7            | 4.08                  | 3.73 | 0.35 | 8.35   | 7.99  | 0.36 | 4.28  | 57.99 | 12.86 |
| 8            | 1.43                  | 0.75 | 0.68 | 7.11   | 4.70  | 2.41 | 6.16  | 64.89 | 11.86 |
| 9            | 7.33                  | 6.96 | 0.37 | 7.26   | 6.72  | 0.54 | 13.23 | 46.44 | 11.16 |
| 10           | 1.43                  | 1.39 | 0.04 | 5.67   | 5.24  | 0.44 | 6.37  | 64.86 | 14.55 |
| 11           | 1.81                  | 1.73 | 0.08 | 6.51   | 6.34  | 0.17 | 14.31 | 50.95 | 18.10 |
| 12           | 1.60                  | 1.53 | 0.07 | 5.27   | 4.66  | 0.61 | 12.30 | 55.36 | 18.59 |
| 13           | 0.92                  | 0.86 | 0.06 | 6.47   | 5.04  | 1.42 | 14.55 | 57.48 | 13.20 |
| 14           | 1.87                  | 1.81 | 0.06 | 11.53  | 9.60  | 1.93 | 14.07 | 46.44 | 12.68 |
| 15           | 1.29                  | 1.17 | 0.12 | 6.52   | 5.77  | 0.75 | 14.61 | 57.22 | 12.56 |
| 16           | 2.59                  | 2.55 | 0.04 | 4.66   | 4.10  | 0.56 | 17.59 | 54.95 | 12.96 |
| 17           | 1.04                  | 0.99 | 0.05 | 7.80   | 7.61  | 0.19 | 15.93 | 54.09 | 12.29 |
| 18           | 0.86                  | 0.41 | 0.45 | 5.00   | 4.81  | 0.18 | 16.15 | 51.88 | 20.25 |
| 19           | 1.46                  | 0.86 | 0.60 | 5.52   | 5.01  | 0.51 | 15.59 | 46.96 | 23.48 |
| 20           | 1.67                  | 0.83 | 0.85 | 5.18   | 4.80  | 0.38 | 19.17 | 45.94 | 21.17 |
| 21           | 1.50                  | 0.83 | 0.67 | 5.94   | 5.56  | 0.38 | 17.57 | 46.73 | 20.82 |
| 22           | 3.19                  | 3.14 | 0.05 | 12.66  | 11.27 | 1.39 | 24.15 | 29.32 | 14.83 |
| 23           | 1.42                  | 0.71 | 0.71 | 5.20   | 4.19  | 1.01 | 29.37 | 39.55 | 17.83 |
| 24           | 1.14                  | 0.95 | 0.19 | 8.38   | 7.09  | 1.29 | 18.41 | 43.97 | 18.58 |
| 25           | 1.71                  | 1.67 | 0.04 | 7.42   | 6.79  | 0.62 | 10.55 | 63.35 | 7.85  |
| 26           | 0.92                  | 0.77 | 0.16 | 7.38   | 6.39  | 0.98 | 10.37 | 59.89 | 13.14 |
| 27           | 0.91                  | 0.84 | 0.07 | 6.40   | 6.22  | 0.18 | 6.96  | 62.64 | 15.78 |
| 28           | 1.65                  | 1.35 | 0.30 | 5.19   | 4.98  | 0.21 | 6.52  | 62.32 | 17.47 |
| 29           | 1.26                  | 1.11 | 0.15 | 7.09   | 6.85  | 0.24 | 6.84  | 57.82 | 18.63 |
| 30           | 0.85                  | 0.63 | 0.23 | 3.58   | 3.38  | 0.20 | 9.63  | 68.72 | 12.78 |

EK A.3. Devam

| Toprak<br>NO | NaHCO <sub>3</sub> -P |      |      | NaOH-P |       |      | CBD-P | Ca-P  | Res-P |
|--------------|-----------------------|------|------|--------|-------|------|-------|-------|-------|
|              | Pt                    | Pi   | Po   | Pt     | Pi    | Po   |       |       |       |
|              | %                     |      |      |        |       |      |       |       |       |
| 31           | 0.86                  | 0.82 | 0.04 | 5.20   | 5.16  | 0.04 | 9.83  | 63.88 | 14.16 |
| 32           | 0.90                  | 0.85 | 0.05 | 5.47   | 5.24  | 0.23 | 7.47  | 63.43 | 16.36 |
| 33           | 5.58                  | 5.16 | 0.42 | 11.62  | 11.47 | 0.15 | 6.32  | 47.70 | 11.58 |
| 34           | 2.70                  | 2.65 | 0.05 | 7.68   | 7.63  | 0.05 | 8.62  | 49.78 | 20.84 |
| 35           | 1.51                  | 1.34 | 0.17 | 5.54   | 5.36  | 0.18 | 12.55 | 58.46 | 14.88 |
| 36           | 1.26                  | 1.16 | 0.09 | 6.81   | 4.94  | 1.88 | 9.16  | 48.30 | 26.40 |
| 37           | 2.23                  | 2.18 | 0.05 | 9.32   | 7.70  | 1.63 | 5.90  | 47.06 | 23.94 |
| 38           | 2.07                  | 2.05 | 0.01 | 5.84   | 4.61  | 1.24 | 8.19  | 60.50 | 15.50 |
| 39           | 0.96                  | 0.55 | 0.41 | 8.19   | 6.47  | 1.73 | 18.53 | 37.33 | 25.84 |
| 40           | 1.65                  | 1.44 | 0.22 | 6.19   | 4.80  | 1.40 | 13.88 | 47.22 | 23.20 |
| 41           | 1.78                  | 1.59 | 0.19 | 7.10   | 5.72  | 1.38 | 13.89 | 44.84 | 23.52 |
| 42           | 2.25                  | 1.98 | 0.27 | 8.44   | 6.30  | 2.14 | 12.99 | 33.84 | 31.78 |
| 43           | 2.44                  | 2.14 | 0.29 | 7.88   | 7.27  | 0.61 | 14.05 | 37.50 | 27.81 |
| 44           | 2.11                  | 1.99 | 0.12 | 7.07   | 5.76  | 1.30 | 20.96 | 33.08 | 27.60 |
| 45           | 1.51                  | 1.42 | 0.09 | 9.48   | 6.03  | 3.45 | 14.57 | 38.33 | 25.12 |
| 46           | 1.67                  | 1.58 | 0.09 | 11.92  | 8.68  | 3.24 | 14.31 | 37.44 | 21.07 |
| 47           | 0.76                  | 0.57 | 0.19 | 7.50   | 7.23  | 0.28 | 11.59 | 39.47 | 32.41 |
| 48           | 1.31                  | 0.92 | 0.39 | 4.58   | 4.53  | 0.05 | 11.69 | 62.46 | 14.06 |
| 49           | 1.21                  | 1.09 | 0.13 | 7.38   | 7.07  | 0.32 | 6.51  | 55.85 | 20.45 |
| 50           | 1.52                  | 1.48 | 0.04 | 7.26   | 6.98  | 0.27 | 6.88  | 54.39 | 21.18 |
| 51           | 1.12                  | 0.76 | 0.36 | 7.48   | 7.33  | 0.15 | 10.02 | 53.55 | 19.23 |
| 52           | 3.73                  | 2.56 | 1.16 | 7.92   | 7.78  | 0.14 | 17.95 | 40.00 | 18.76 |
| 53           | 1.28                  | 1.23 | 0.05 | 8.70   | 8.55  | 0.15 | 15.24 | 44.38 | 20.43 |
| 54           | 1.81                  | 1.30 | 0.51 | 7.74   | 7.67  | 0.07 | 9.33  | 51.94 | 19.63 |
| 55           | 4.08                  | 4.03 | 0.05 | 8.38   | 8.15  | 0.23 | 8.98  | 43.59 | 22.50 |
| 56           | 1.63                  | 1.49 | 0.15 | 5.26   | 5.13  | 0.14 | 9.61  | 45.29 | 31.30 |
| 57           | 0.86                  | 0.84 | 0.03 | 3.26   | 3.03  | 0.23 | 8.25  | 59.49 | 24.01 |
| 58           | 0.79                  | 0.72 | 0.07 | 5.12   | 5.00  | 0.13 | 7.55  | 54.67 | 25.96 |
| 59           | 1.22                  | 1.17 | 0.04 | 4.37   | 4.28  | 0.09 | 10.08 | 44.05 | 34.69 |
| 60           | 0.98                  | 0.89 | 0.09 | 4.82   | 4.67  | 0.16 | 10.53 | 48.98 | 28.87 |

EK A.3. Devam

| Toprak<br>NO | NaHCO <sub>3</sub> -P |      |      | NaOH-P |      |      | CBD-P | Ca-P  | Re -P |
|--------------|-----------------------|------|------|--------|------|------|-------|-------|-------|
|              | Pt                    | Pi   | Po   | Pt     | Pi   | Po   |       |       |       |
|              | %                     |      |      |        |      |      |       |       |       |
| 61           | 1.76                  | 1.18 | 0.59 | 4.87   | 4.68 | 0.19 | 14.26 | 49.38 | 23.09 |
| 62           | 1.14                  | 1.12 | 0.02 | 4.21   | 4.17 | 0.05 | 9.87  | 57.74 | 21.67 |
| 63           | 4.47                  | 3.69 | 0.78 | 9.84   | 8.65 | 1.19 | 11.64 | 45.37 | 14.37 |
| 64           | 3.34                  | 2.61 | 0.73 | 7.16   | 7.04 | 0.12 | 11.99 | 53.15 | 13.86 |
| 65           | 1.09                  | 0.43 | 0.66 | 6.27   | 6.10 | 0.17 | 13.09 | 28.83 | 43.35 |
| 66           | 2.03                  | 1.96 | 0.06 | 5.25   | 5.18 | 0.07 | 12.15 | 31.36 | 41.93 |
| 67           | 2.22                  | 2.05 | 0.16 | 6.19   | 6.05 | 0.14 | 9.52  | 36.31 | 37.36 |
| 68           | 1.65                  | 1.54 | 0.11 | 4.01   | 3.93 | 0.08 | 10.26 | 59.64 | 18.78 |
| 69           | 0.85                  | 0.77 | 0.08 | 2.53   | 2.46 | 0.07 | 9.09  | 58.59 | 25.56 |
| 70           | 2.75                  | 2.35 | 0.40 | 3.59   | 3.51 | 0.08 | 10.50 | 43.72 | 33.09 |
| 71           | 0.98                  | 0.83 | 0.15 | 4.16   | 4.09 | 0.07 | 11.90 | 41.57 | 36.25 |

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hasan Hadi Mahdi Mahdi

Doğum Yeri ve Yılı : Bağdat, 1976

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : [hasan7628@yahoo.com](mailto:hasan7628@yahoo.com)



### Eğitim Durumu:

Lise : AL-Rashidiya Erkekler, 1994

Lisans : Bağdat Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 1998

### Mesleki Deneyim:

| <u>Çalıştığı Kurum</u>            | <u>Çalıştığı Dönem</u> |
|-----------------------------------|------------------------|
| Irak Atom Enerjisi Kurumu         | 2001-2003              |
| Irak Bilim ve Teknoloji Bakanlığı | 2003-                  |

### Eğitim Kursu:

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu 09 Kasım - 18 Aralık 2009'da gübre kullanma verimliliği (gübreleme) alanında altı hafta kurs aldım.

Birleşik Arap Emirlikleri - Dubai - Biyotuzu Tarım için Uluslararası Merkezi (ICBA), 12-23 / Ekim -2014'te tuzlu topraklarda biyolojik olarak ıslah alanında iki hafta kurs aldım.